RICHARD DAWKINS

CEASORNICARUL ORB

20 DE ANI

HUMANITAS



CEASORNICARUL ORB

RICHARD DAWKINS s-a născut în 1941 la Nairobi (Kenya) într-o familie de coloniști englezi. La vârsta de opt ani s-a mutat împreună cu părinții în Anglia. A studiat zoologia la Oxford, unde a rămas după absolvire pentru a-și pregăti teza de doctorat cu etologul laureat al Premiului Nobel Niko Tinbergen. Între 1967 și 1969 a predat în America, la Berkeley, apoi, din 1970, s-a stabilit la Oxford. În afară de opera sa științifică, Dawkins a scris și cărți adresate marelui public, prin care a devenit cel mai cunoscut biolog al timpului nostru. Între altele, Dawkins a introdus ideea de *meme* – corespondentele în plan cultural a ceea ce sunt în biologie genele. Ca persoană publică, este un avocat al umanismului împotriva fundamentalismelor de tot felul și al științei împotriva pseudoștiințelor. De ani buni se află în centrul disputei evoluționism–creaționism.

Cărți: *The Selfish Gene* (1976), *The Extended Phenotype* (1982), *The Blind Watchmaker* (1986), *River Out of Eden* (1995), *Unweaving the Rainbow* (1998), *The Ancestor's Tale* (2004), *The God Delusion* (2006).

Pentru *Ceasornicarul orb*, Richard Dawkins a obținut în 1987 Premiul Societății Regale de Literatură și Premiul Literar al ziarului *Los Angeles Times*. Filmul de televiziune realizat după carte, prezentat în cadrul seriei *Horizon*, a fost răsplătit cu Premiul Sci-Tech pentru cel mai bun program științific în 1987. Dawkins a mai obținut în 1989 Medalia de Argint a Societății Zoologice din Londra, iar în 1990 Premiul Michael Faraday al Societății Regale pentru popularizarea științei.

RICHARD DAWKINS

CEASORNICARUL ORB

Traducere din engleză de
SIMONA MUDAVA

HUMANITAS
BUCUREŞTI

Redactor: Vlad Zografi
Coperta: Andrei Gamarț
Tehnoredactor: Manuela Măxineanu
DTP: Emilia Ionașcu

Tipărit la „Pro Editură și Tipografie"

Richard Dawkins
The Blind Watchmaker
Copyright © Richard Dawkins, 1986
Appendix copyright © Richard Dawkins, 1991
All rights reserved

© HUMANITAS, 2009, pentru prezenta versiune românească

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
DAWKINS, RICHARD
Ceasornicarul orb /Richard Dawkins; trad.: Simona Mudava. –
București: Humanitas, 2009
Bibliogr.
ISBN 978-973-50-2461-1
1. Mudava, Simona (trad.)
575.8

EDITURA HUMANITAS
Piața Presei Libere 1, 013701 București, România
tel. 021/408 83 50, fax 021/408 83 51
www.humanitas.ro

Comenzi Carte prin poștă: tel./fax 021/311 23 30
C.P.C.E. – CP 14, București
e-mail: cpp@humanitas.ro
www.libhumanitas.ro

Părinților mei

Prefaţă

Am scris această carte încredinţat fiind că existenţa noastră reprezenta odinioară cel mai mare dintre mistere, dar ea a încetat să mai fie un mister. Darwin şi Wallace au găsit răspunsul, însă noi vom continua o vreme de acum încolo să adăugăm note de subsol la soluţia lor. Am scris această carte pentru că m-a surprins numărul mare al celor care nu numai păreau să nu cunoască soluţia elegantă şi frumoasă la această problemă profundă, dar de multe ori nici măcar nu-şi dădeau seama că exista o problemă.

Problema este aceea a proiectului complex.* Calculatorul la care scriu aceste cuvinte are o capacitate de stocare a informaţiei de aproximativ 64 kilobyţi (un byte e folosit pentru stocarea fiecărui caracter al textului). Calculatorul a fost proiectat conştient şi construit deliberat. Creierul cu ajutorul căruia înţelegeţi aceste cuvinte e o reţea de aproximativ zece milioane de kiloneuroni. Multe dintre aceste miliarde de celule nervoase au fiecare peste o mie de „cabluri electrice" care le leagă de alţi neuroni. Mai mult, la nivel genetic molecular, fiecare dintre cele peste o mie de miliarde de celule din corp conţine cam de o mie de ori mai multă informaţie digitală precis codificată decât întreg calculatorul meu. Complexitatea

---

* În unele texte de biologie apărute în limba română, *design* a fost tradus prin „plan". Există însă în *design* o nuanţă oarecum inginerească de activitate deliberată, care se leagă de acţiunea de „a proiecta" şi de cel care o săvârşeşte, „proiectantul", în vreme ce „plan" are şi o conotaţie pasivă – poate exista un plan (o schiţă) făcut(ă) după obiecte care n-au fost proiectate. În plus, când are în vedere această din urmă idee de schiţă, Dawkins foloseşte un alt termen, *blueprint*. Prin urmare, s-a tradus în mod constant *design* prin „proiect", iar *blueprint* prin „plan", evitând în felul acesta confuziile. (*N. red.*)

organismelor vii e egalată doar de eficiența elegantă a proiectului pe care îl presupun. Dacă există cineva care nu crede că acest proiect complex necesită o explicație, mă dau bătut. Sau nu, dacă mă gândesc mai bine nu mă dau bătut, pentru că unul dintre scopurile cărții mele e să transmit ceva din miracolul complexității biologice celor ai căror ochi încă nu s-au deschis asupra lui. Însă, după prezentarea misterului, celălalt scop al meu e risipirea lui prin explicarea soluției.

Arta de a explica nu e tocmai simplă. Poți explica ceva așa încât cititorul să înțeleagă cuvintele sau poți explica ceva așa încât cititorul să le simtă până în măduva oaselor. În al doilea caz, uneori nu e suficient să așezi dovezile în fața cititorului într-o manieră detașată și rece. Trebuie să devii avocat și să-ți folosești talentele avocățești. Cartea de față nu e un tratat științific neutru. Alte cărți despre darwinism sunt tratate neutre, de aceea multe dintre ele, care sunt excelente și bogate în informații, ar trebui citite în paralel cu aceasta. Departe de a fi detașată și rece, cartea de față a fost scrisă cu o pasiune care, într-o revistă științifică de specialitate, ar stârni comentarii. Evident, ea caută să vă informeze, dar și să vă convingă, ba chiar – s-ar putea spună că își *propune* – să vă inspire. Vreau să ofer cititorului perspectiva propriei noastre existențe ca mister tulburător, iar în același timp să transmit întregul entuziasm legat de faptul că misterul are o soluție elegantă aflată la îndemâna noastră. Mai mult, vreau să-l conving pe cititor nu doar că viziunea darwinistă asupra lumii *se întâmplă* să fie adevărată, ci și că este singura teorie cunoscută care *poate*, în principiu, lămuri misterul existenței noastre. Astfel, teoria are un dublu avantaj. Putem susține cu temei că darwinismul e valabil nu numai pe această planetă, ci și în orice loc din univers unde s-ar putea găsi viață.

Într-o singură privință încerc să iau distanță față de avocații profesioniști. Un avocat sau un politician e plătit să pună pasiune și putere de convingere în slujba unui client sau a unei cauze în care s-ar putea ca el personal să nu creadă. Nu am făcut și nu voi face niciodată acest lucru. Poate că nu întotdeauna am dreptate, dar iubesc cu pasiune adevărul și niciodată nu spun un lucru care nu

cred că e adevărat. Îmi amintesc că am trăit un șoc când am vizitat o societate universitară de dezbateri cu creaționiștii. La petrecerea ce a urmat dezbaterilor am fost așezat lângă o tânără care ținuse un discurs destul de hotărât în favoarea creaționismului. În mod evident ea nu putea fi creaționistă, așa că i-am cerut să-mi spună cinstit de ce o făcuse. A recunoscut că își antrena pur și simplu talentele polemice și că i se părea mai incitantă poziția de avocat al unei idei în care nu credea. Se pare că în societățile universitare de dezbateri e o practică obișnuită să li se *impună* participanților tabăra în favoarea căreia trebuie să pledeze. Opiniile lor nu joacă nici un rol. Mi-a fost greu să mă achit de neplăcuta sarcină de a vorbi în public, fiindcă eu chiar cred în adevărul lucrurilor pe care sunt invitat să le spun. Când am descoperit că membrii societății foloseau discursul ca pe un vehicul pentru jocuri polemice am hotărât să refuz invitațiile ulterioare ale societăților de dezbateri ce încurajau pledoariile nesincere pe teme în care se afla în joc adevărul științific.

Din motive care nu îmi sunt cu totul limpezi, darwinismul pare să aibă mai multă nevoie de a fi apărat decât alte adevăruri asemănătoare din alte ramuri ale științei. Mulți dintre noi nu au nici cea mai mică idee despre teoria cuantică sau despre relativitatea specială și generală a lui Einstein, dar acest fapt în sine nu ne determină să le *contestăm*! Spre deosebire de „einsteinism", darwinismul pare să fie privit de criticii oricît de ignoranți ca o pradă ușoară. Presupun că una dintre problemele darwinismului, după cum foarte bine a observat Jacques Monod, e faptul că oricine *crede* că îl înțelege. Este, într-adevăr, o teorie remarcabil de simplă, chiar copilăresc de simplă, ne-am putea închipui, în comparație cu aproape toate teoriile din fizică și matematică. În esență, ea se rezumă la ideea că reproducerea nealeatoare, în cadrul căreia apar variațiile ereditare, are consecințe pe termen lung dacă există suficient timp pentru ca variațiile să se acumuleze. Avem însă motive întemeiate să credem că această simplitate e amăgitoare. Să nu uităm că, oricât de simplă ar părea teoria, nimeni nu s-a gândit la ea până la Darwin și Wallace, la mijlocul secolului al XIX-lea, cu aproape 200 de ani după ce Newton și-a scris *Principiile* și cu mai bine de 2000 de

ani după ce Eratostene a măsurat Pământul. Cum a fost posibil ca o idee atât de simplă să nu fie descoperită vreme atât de îndelungată de gânditori de talia lui Newton, Galilei, Descartes, Leibniz, Hume şi Aristotel? De ce a trebuit să aştepte doi naturalişti din epoca victoriană? Ce a fost în *neregulă* cu filozofii şi matematicienii care au trecut-o cu vederea? Şi cum e posibil ca o idee atât de puternică să fie încă în mare măsură neabsorbită în conştiinţa populară?

E aproape ca şi cum creierul uman ar fi fost anume proiectat pentru a înţelege greşit darwinismul şi pentru a-l considera greu de crezut. Iată, de pildă, problema „întâmplării", numită adesea noroc *orb*. Cei mai mulţi dintre adversarii darwinismului se reped cu furie asupra ideii greşite că aici ar fi vorba de pura întâmplare. Din moment ce complexitatea vieţii întruchipează exact opusul întâmplării, dacă vă închipuiţi că darwinismul e echivalent cu întâmplarea, veţi respinge imediat darwinismul! Una dintre sarcinile mele va fi demontarea acestui mit conform căruia darwinismul e o teorie a „întâmplării". Alt motiv pentru care suntem tentaţi să respingem darwinismul este acela că propriul nostru creier e conceput pentru a face faţă unor evenimente la o *scară a timpului* radical diferită de cea a transformării evolutive. Suntem echipaţi pentru a evalua procese care durează secunde, minute, ani sau chiar decenii. Darwinismul e o teorie a proceselor cumulative lente care durează mii şi milioane de decenii. Judecăţile noastre intuitive privind ce e probabil să se întâmple se dovedesc flagrant greşite. Mecanismul fin reglat al scepticismului şi al teoriei subiective a probabilităţilor se înşală grosolan tocmai fiindcă e reglat – de evoluţia însăşi! – pentru a funcţiona pe durata unei vieţi de câteva decenii. E nevoie de efort şi imaginaţie pentru a scăpa din închisoarea scării temporale obişnuite, un efort în care voi încerca să vă fiu alături.

Al treilea motiv pentru care creierul nostru pare a fi predispus să refuze darwinismul e marele nostru succes ca proiectanţi inventivi. Lumea în care trăim e dominată de minuni inginereşti şi de opere de artă. Suntem obişnuiţi cu ideea că eleganţa complexă e indiciul unui proiect premeditat şi meşteşugit. Acesta e probabil cel mai puternic temei al credinţei în existenţa unei divinităţi

supranaturale, credință împărtășită de marea majoritate a oamenilor care au trăit vreodată. A fost nevoie de un mare salt al imaginației, înfăptuit de Darwin și Wallace, pentru a vedea că, în ciuda oricărei intuiții, există o altă cale prin care „proiectul" complex ia naștere din simplitatea primordială, iar, odată înțeleasă calea, ea devine și mai plauzibilă. Un salt atât de mare al imaginației, încât până și în ziua de azi există destui oameni care nu vor să-l facă. Scopul principal al cărții este de a-i ajuta pe cititori să facă acest salt.

Toți autorii speră, firește, într-un impact de durată al cărților lor. Dar orice avocat, în afară de elaborarea părții atemporale a pledoariei sale, trebuie să răspundă și avocaților contemporani care au puncte de vedere diferite sau aparent diferite. Există riscul ca unele argumente, oricât de moderne și interesante ar părea acum, să se perimeze în deceniile viitoare. A fost deseori remarcat paradoxul *Originii speciilor*, a cărei primă ediție a constituit o pledoarie mai bună decât a șasea. Lucrul se explică prin faptul că Darwin s-a simțit obligat, în edițiile ulterioare, să răspundă criticilor contemporane aduse primei ediții, critici care acum par atât de demodate, încât replicile abia dacă reușesc să le combată, iar uneori chiar induc în eroare. Nu trebuie totuși cedat tentației de a ignora criticile contemporane pe motiv că sunt efemere, din respect nu doar pentru critici, dar și pentru cititorii lor derutați. Deși îmi pot închipui ce capitole ale cărții mele se vor dovedi în cele din urmă efemere din această cauză, doar cititorul – și timpul – trebuie să judece.

M-a întristat să aflu că unele dintre prietenele mele (din fericire nu prea multe) consideră utilizarea pronumelui masculin ca o intenție de a le exclude. Dacă ar fi să exclud pe cineva (dar evident n-o fac), aș exclude mai degrabă bărbații, însă odată, când am încercat să-mi numesc cititorul abstract „ea", o feministă m-a acuzat de condescendență: ar fi trebuit să spun „el-sau-ea" și „al lui-sau-al ei". Pare ușor de făcut dacă nu-ți pasă de felul în care te exprimi, dar atunci nu meriți nici un fel de cititori. De aceea m-am întors la convențiile obișnuite ale pronumelor din engleză. Chiar dacă îmi numesc cititorul „el", nu mă gândesc că cititorii mei ar fi exclusiv bărbați, așa cum un vorbitor de franceză nu se gândește la masă ca la o femeie. De fapt, cred că mai adesea mă gândesc

că cititorii mei sunt femei, dar asta e problema mea personală şi n-aş vrea ca asemenea consideraţii să influenţeze felul în care îmi folosesc limba maternă.

Tot ascunse vreau să rămână şi unele dintre motivele mele de recunoştinţă. Cei cărora nu le pot face dreptate mă vor înţelege. Editorii mei n-au avut de ce să-mi ascundă identitatea referenţilor (nu a „recenzenţilor" – adevăraţii recenzenţi, care îi influenţează pe mulţi americani sub 40 de ani, critică lucrările doar *după* ce au fost publicate, când autorul nu mai poate face nimic) şi am beneficiat din plin de sfaturile primite de la John Krebs (o dată în plus), John Durant, Graham Cairns-Smith, Jeffrey Levinton, Michael Ruse, Anthony Hallam şi David Pye. Richard Gregory a formulat critici asupra capitolului 12, iar versiunea finală a avut de câştigat de pe urma faptului că l-am eliminat complet. Foştii mei studenţi Mark Ridley şi Alan Grafen sunt, alături de Bill Hamilton, figurile cele mai importante din grupul de colegi cu care am discutat despre evoluţie şi ale căror idei îmi sunt de folos aproape zi de zi. Pamela Wells, Peter Atkins şi John Dawkins mi-au dat sfaturi preţioase în legătură cu diferite capitole. Sarah Bunney a adus numeroase îmbunătăţiri, iar John Gribbin a corectat greşelile majore. Alan Grafen şi Will Atkinson m-au ajutat în probleme informatice, iar Departamentul de Zoologie mi-a permis să folosesc imprimanta pentru a desena biomorfe.

Încă o dată am avut parte de dinamismul neobosit cu care Michael Rodgers, acum la editura Longman, a avut grijă de tot. El şi Mary Cunnane de la editura Norton au apăsat pe acceleraţie (când era vorba de scrupulele mele morale) şi pe frână (când era vorba de umorul meu) de câte ori a fost nevoie. O parte a cărţii a fost scrisă într-un an sabatic de care am beneficiat prin amabilitatea Departamentului de Zoologie şi a New College. În fine – ceea ce trebuia să menţionez şi în cărţile mele anterioare –, seminariile de la Oxford şi numeroşii mei masteranzi în zoologie m-au ajutat de-a lungul anilor să-mi exersez firavele talente în dificila artă a explicării.

RICHARD DAWKINS
Oxford, 1986

CAPITOLUL I

A explica improbabilul

Noi, animalele, suntem cele mai complicate lucruri din întreg universul cunoscut. Evident, universul pe care îl cunoaştem e o parte infimă din întregul univers. E posibil să existe pe alte planete obiecte mai complicate decât noi, iar unele dintre ele s-ar putea să fi aflat deja despre existenţa noastră. Asta nu schimbă însă ce vreau eu să spun. Lucrurile complicate, oriunde s-ar găsi, merită un tip aparte de explicaţie. Vrem să ştim cum au apărut şi de ce sunt atât de complicate. Explicaţia, după cum voi arăta în această carte, e probabil să fie în linii mari aceeaşi pentru lucrurile complicate de pretutindeni: pentru noi, pentru cimpanzei, viermi, stejari şi monştri extratereştri. Pe de altă parte, ea nu va fi aceeaşi cu explicaţia lucrurilor „simple" cum sunt pietrele, norii, râurile, galaxiile şi cuarcii. Toate acestea fac obiectul fizicii. Cimpanzeii, câinii, liliecii, gândacii de bucătărie, viermii, păpădiile, bacteriile şi extratereştrii galactici fac obiectul biologiei.

Diferenţa ţine de complexitatea proiectului. Biologia e ştiinţa care studiază lucrurile complicate ce dau impresia că au fost proiectate cu un scop anume. Fizica e ştiinţa care studiază lucrurile simple ce nu ne duc cu gândul la un proiect. La prima vedere, obiectele produse de om precum calculatoarele şi maşinile par să fie excepţii. Ele sunt complicate şi în mod evident create cu un scop, dar nu sunt vii, sunt alcătuite din metal şi plastic, nu din carne şi sânge. În această carte ele vor fi tratate ca obiecte biologice.

Reacţia cititorului la aceste rânduri poate fi: „Bine, dar sunt ele *într-adevăr* obiecte biologice?" Cuvintele sunt uneltele noastre, nu stăpânii noştri. Pentru diferite scopuri vom găsi potrivit să folosim cuvinte cu diferite sensuri. Multe cărţi de bucate încadrează

racii în categoria peştilor. Zoologii ar putea protesta cu înverşunare, susţinând că racii ar fi mai îndreptăţiţi să-i numească pe oameni peşti, de vreme ce peştii sunt mult mai apropiaţi de oameni decât de raci. Şi, pentru că tot am vorbit despre dreptate şi despre raci, am auzit că un tribunal a trebuit să hotărască recent dacă racii sunt insecte sau „animale" (problema era dacă se poate permite sau nu fierberea lor de vii). Zoologic vorbind, racii în mod cert nu sunt insecte. Sunt animale, dar atunci şi insectele sunt animale, şi noi suntem animale. E inutil să cercetăm în amănunt felul în care diferiţi oameni folosesc cuvintele (deşi în viaţa mea neprofesională sunt gata să cercetez în amănunt problema celor care fierb racii de vii). Bucătarii şi avocaţii au modul lor de a folosi cuvintele, iar aşa voi proceda şi eu în această carte. Nu contează dacă maşinile şi calculatoarele sunt „într-adevăr" obiecte biologice. Important este că, dacă am găsi un obiect atât de complex pe o planetă, ar trebui să tragem fără ezitare concluzia că există sau a existat viaţă pe acea planetă. Maşinăriile sunt produsul direct al obiectelor vii; complexitatea şi proiectul lor derivă din obiecte vii, iar ele sunt simptomatice pentru existenţa vieţii pe o planetă. Acelaşi lucru e valabil pentru fosile, schelete şi cadavre.

Se spune că fizica e ştiinţa care studiază lucrurile simple, iar la prima vedere şi acest lucru poate părea ciudat. Fizica pare să fie un subiect complicat pentru că ideile fizicii sunt greu de înţeles. Creierul nostru a fost proiectat pentru a înţelege vânătoarea şi culesul, împerecherea şi creşterea copiilor: o lume cu obiecte de dimensiuni medii deplasându-se în trei dimensiuni cu viteze modeste. Nu suntem echipaţi pentru a înţelege ce e foarte mic sau foarte mare; lucruri a căror durată se măsoară în picosecunde sau giga-ani; particule care nu au poziţie; forţe şi câmpuri pe care nu le putem vedea sau atinge, despre care avem ştiinţă doar pentru că influenţează lucrurile pe care le putem vedea sau atinge. Credem că fizica e complicată pentru că e greu de înţeles, iar cărţile de fizică sunt pline de matematici complicate. Însă obiectele studiate de fizicieni sunt în fond obiecte simple. Sunt nori de gaz sau de particule minuscule, ori agloinerări de materie uniformă precum

cristalele, care repetă aproape la nesfârşit modele atomice. Ele nu au, cel puţin după standardele biologice, componente complexe. Chiar şi obiectele fizice mari precum stelele sunt formate din relativ puţine părţi, aranjate mai mult sau mai puţin aleator. Comportamentul obiectelor fizice, nebiologice e atât de simplu, încât poate fi descris cu ajutorul limbajului matematic existent; de aceea cărţile de fizică sunt pline de matematică.

Cărţile de fizică sunt complicate, însă, la fel ca maşinile şi calculatoarele, sunt produsul unor obiecte biologice – creierele umane. Obiectele şi fenomenele prezentate în cărţile de fizică sunt mai simple decât o singură celulă din organismul autorilor. Iar autorii sunt alcătuiţi din bilioane de asemenea celule, multe dintre ele diferite de celelalte, organizate printr-o arhitectură complicată şi o inginerie de mare precizie într-o maşinărie activă capabilă să scrie o carte. Creierul nostru nu este mai bine echipat pentru a înţelege extrema complexitate decât pentru a înţelege extremele dimensionale şi alte extreme dificile ale fizicii. Nimeni nu a inventat încă matematica în stare să descrie structura totală şi comportamentul unui obiect cum e un fizician, sau măcar o singură celulă a lui. Nu putem înţelege decât unele principii generale ale funcţionării lucrurilor vii şi ale cauzelor pentru care ele există.

Aici intrăm noi în acţiune. Am vrut să ştim de ce existăm, noi şi alte lucruri complicate. Acum putem răspunde la această întrebare în termeni generali, chiar dacă nu putem înţelege detaliile complexităţii înseşi. Ca să fac o analogie, cei mai mulţi dintre noi nu înţeleg cum funcţionează un avion. Probabil că nici constructorii lui nu înţeleg în întregime acest lucru: specialiştii în motoare nu înţeleg în detaliu aripile, iar specialiştii în aripi nu înţeleg decât vag motoarele. Specialiştii în aripi nu înţeleg cu precizie matematică totală nici măcar aripile: pot prevedea cum se vor comporta aripile în condiţii de turbulenţă doar prin examinarea unui model într-un tunel aerodinamic sau într-o simulare pe calculator – lucrurile pe care le face în fond un biolog pentru a înţelege un animal. Dar, oricât de incompletă ar fi înţelegerea noastră privind funcţionarea avionului, înţelegem cu toţii prin ce proces general a fost

creat. A fost proiectat pe planşetă de nişte oameni. Apoi alţi oameni au construit piesele după schiţe şi numeroşi alţi oameni (cu ajutorul unor maşinării proiectate de oameni) au înşurubat, nituit, sudat şi lipit piesele laolaltă, fiecare la locul cuvenit. Procesul creării unui avion nu e fundamental misterios pentru noi, din moment ce oamenii l-au construit. Punerea sistematică laolaltă a componentelor unui proiect având un scop precis e un lucru pe care îl cunoaştem şi îl înţelegem, pentru că am avut de-a face cu aşa ceva, fie doar şi în copilărie, când ne-am jucat cu piesele de lego.

Dar corpul nostru? Fiecare dintre noi e o maşinărie, la fel ca avionul, însă mult mai complicată. Oare am fost şi noi proiectaţi pe o planşetă, iar părţile noastre componente au fost asamblate de un inginer priceput? Răspunsul este nu. E un răspuns surprinzător, iar noi îl cunoaştem şi îl înţelegem doar de vreo sută de ani. Când Charles Darwin a explicat pentru prima oară problema, mulţi oameni nu au vrut sau nu au putut să înţeleagă. Eu însumi am refuzat categoric să cred în teoria lui Darwin când am auzit pentru prima oară de ea, în copilărie. Aproape fiecare om, de-a lungul istoriei, până în a doua jumătate a secolului al XIX-lea, a crezut cu tărie în opusul ei – teoria Proiectantului Conştient. Mulţi oameni încă mai cred în ea, poate şi pentru că explicaţia darwinistă, cea corectă, a propriei noastre existenţe nu face încă parte din programa şcolară curentă. Ea e de regulă greşit înţeleasă.

Ceasornicarul din titlul cărţii mele e împrumutat dintr-un faimos tratat scris de William Paley, teolog din secolul al XVIII-lea. *Teologia naturală* sau *Dovezi ale existenţei şi atributelor Divinităţii culese din manifestările naturii*, publicată în 1802, e cea mai cunoscută expunere a „Argumentului Proiectului", argumentul cel mai des invocat privind existenţa lui Dumnezeu. Este o carte pe care o admir mult pentru că, la vremea lui, autorul a reuşit să facă ceea ce încerc eu din răsputeri să fac acum. A vrut să demonstreze ceva, a crezut cu putere în acel lucru şi nu a precupeţit nici un efort pentru a-i convinge pe ceilalţi. A acordat importanţa cuvenită complexităţii lumii vii şi a ştiut că ea necesită un tip aparte de explicaţie. Singurul lucru asupra căruia s-a înşelat – dar unul foarte important! – a fost

explicaţia însăşi. El a dat răspunsul religios tradiţional la această problemă, însă l-a articulat mai limpede şi mai convingător decât oricine înaintea lui. Adevărata explicaţie e complet diferită şi a trebuit să aştepte apariţia unuia dintre cei mai revoluţionari gânditori ai tuturor timpurilor, Charles Darwin.

Paley îşi începe *Teologia naturală* cu faimosul pasaj:

> Să presupunem că în timp ce traversez un câmp m-aş împiedica de o *piatră* şi m-aş întreba cum a ajuns piatra acolo; aş putea răspunde, oricâte dovezi contrare aş avea, că piatra zăcea acolo dintotdeauna; şi probabil că nu ar fi prea lesne de demonstrat absurditatea acestui răspuns. Dar să presupunem că aş găsi pe jos un *ceas* şi m-aş întreba cum a ajuns ceasul acolo; ar fi greu să-mi vină în minte răspunsul pe care l-am dat înainte, acela că, după câte ştiu, ceasul a fost acolo dintotdeauna.

Paley face diferenţa între obiectele fizice naturale, cum sunt pietrele, şi obiectele proiectate şi manufacturate, cum sunt ceasurile. El prezintă în continuare precizia cu care sunt confecţionate arcurile şi rotiţele ceasurilor şi modul complicat în care sunt asamblate. Dacă găsim un obiect cum e ceasul pe un câmp, chiar dacă nu ştim cum a apărut, precizia lui şi complexitatea proiectului ne vor obliga să tragem concluzia:

> Ceasul trebuie să fi avut un creator; la un moment dat, într-un loc sau altul, trebuie să fi existat un meşter sau nişte meşteri care l-au făurit pentru scopul căruia vedem că îi slujeşte de fapt, care i-au înţeles mecanismul şi i-au stabilit utilizarea.

Nimeni nu ar putea contrazice această concluzie, spune Paley, şi totuşi asta e tocmai ce face un ateu atunci când meditează la lucrarea naturii, pentru că

> orice dovadă de ingeniozitate, orice manifestare a unui proiect care există în ceas, există şi în lucrarea naturii, cu deosebirea că, în cazul naturii, e cu mult mai mare, într-o măsură care depăşeşte toate calculele.

Paley îşi demonstrează ideea prin minunate descrieri pline de smerenie ale maşinăriei disecate a vieţii, începând cu ochiul uman, un exemplu favorit pe care Darwin avea să-l folosească mai târziu

şi care va apărea mereu în această carte. Paley compară ochiul cu un instrument proiectat cum e telescopul şi trage concluzia că „dovada că ochiul a fost făcut pentru vedere este exact aceeaşi cu dovada că telescopul a fost conceput pentru a o ajuta". Ochiul trebuie să fi avut un proiectant, la fel ca telescopul.

Raţionamentul lui Paley e construit cu o sinceritate mişcătoare şi se întemeiază pe cele mai bune cunoştinţe biologice ale momentului, dar e fals, complet fals. Analogia dintre telescop şi ochi, dintre ceas şi un organism viu e falsă. Totul ne demonstrează contrariul, singurul ceasornicar din natură sunt forţele oarbe ale fizicii, dar desfăşurate într-un mod aparte. Un adevărat ceasornicar are capacitatea de a prevedea: el proiectează arcurile şi rotiţele şi plănuieşte legăturile dintre ele văzând cu ochii minţii un scop viitor. Selecţia naturală, procesul orb, inconştient şi automat pe care Darwin l-a descoperit şi despre care ştim acum că este explicaţia pentru existenţa vieţii şi pentru forma ei aparent premeditată, nu are nici un scop în minte. Nu are minte şi nu are un ochi al minţii. Nu are un plan pentru viitor. Nu are o viziune, nu prevede, nu vede deloc. Dacă putem spune că joacă rolul unui ceasornicar în natură, atunci e un ceasornicar *orb*.

Voi explica acest lucru şi multe altele. Dar nu voi diminua cu nimic miracolul „ceasurilor" vii care l-au inspirat pe Paley. Dimpotrivă, voi încerca să arăt că Paley putea merge încă mai departe. Sunt copleşit de cea mai adâncă veneraţie în faţa „ceasurilor" vii. Mă simt mai aproape de reverendul William Paley decât de un distins filozof modern, ateu declarat, cu care am discutat odată la cină această problemă. Spuneam că nu îmi închipui cum ar fi putut cineva să fie ateu înainte de 1859, când a fost publicată *Originea speciilor*. „Dar Hume?" a zis filozoful. „Cum a explicat Hume complexitatea organizată a lumii vii?" l-am întrebat eu. „N-a explicat-o", a spus filozoful. „De ce ar avea nevoie de o explicaţie specială?"

Paley ştia că era nevoie de o explicaţie specială; Darwin la rândul lui ştia şi înclin să cred că în adâncul sufletului şi colegul meu filozof ştia. Oricum, acesta e lucrul pe care vreau să-l demonstrez aici. Cât despre David Hume, se spune că marele filozof

scoţian dispunea de Argumentul Proiectului cu un veac înainte de Darwin. Hume a criticat logica folosirii proiectării aparente în natură ca dovadă *indubitabilă* privind existenţa lui Dumnezeu. Nu a oferit nici o explicaţie *alternativă* pentru proiectul aparent şi a lăsat problema în suspensie. Un ateu dinainte de Darwin ar fi putut spune, urmându-l pe Hume: „Nu am o explicaţie pentru proiectul biologic complex. Tot ce ştiu e că Dumnezeu nu e o bună explicaţie, de aceea trebuie să aşteptăm şi să sperăm ca cineva să găsească una mai bună." Oricât de logic ar suna, aceste cuvinte nu mă mulţumesc. Deşi ateismul era justificabil *logic* înaintea lui Darwin, el a fost cel care a dat ateilor şansa de a se împlini intelectual. Aş vrea să cred că Hume ar fi fost de acord cu mine, însă unele din textele sale ne lasă să bănuim că a subestimat complexitatea şi frumuseţea proiectului biologic. Tânărul naturalist Charles Darwin ar fi putut să-i arate câte ceva în privinţa asta, însă Hume era mort de 40 de ani atunci când Darwin s-a înscris la universitatea lui Hume din Edinburgh.

Am folosit termenii „complexitate" şi „proiect aparent" ca şi cum înţelesul lor ar fi evident. Într-un anume sens e evident – cei mai mulţi oameni au o idee intuitivă despre ce înseamnă complexitatea. Însă noţiunile de complexitate şi proiect sunt atât de importante pentru această carte, încât voi încerca să exprim mai precis senzaţia că există ceva deosebit în lucrurile complexe şi aparent proiectate.

Ce este prin urmare un lucru complex? Cum îl putem recunoaşte? În ce sens e corect să spunem că un ceas, un avion, o urechelniţă sau o persoană sunt complexe, dar că luna e simplă? Primul atribut necesar al unui lucru complex care ne vine în minte e structura eterogenă. O budincă cu lapte sau un jeleu sunt simple în sensul că, dacă le tăiem în două, cele două părţi vor avea aceeaşi alcătuire internă: jeleul e omogen. O maşină e eterogenă: spre deosebire de jeleu, aproape orice parte a maşinii e diferită de celelalte. Două jumătăţi de maşină nu reprezintă o maşină. Prin urmare, un obiect complex, spre deosebire de unul simplu, e alcătuit din mai multe părţi, iar părţile sunt de mai multe feluri.

Eterogenitatea, sau caracterul compozit, poate fi o condiţie necesară, dar nu e şi suficientă. Multe obiecte sunt alcătuite din mai multe părţi şi au o structură internă eterogenă, dar nu sunt complexe în sensul în care eu am folosit eu termenul. Mont Blanc, de pildă, e format din mai multe tipuri de roci amestecate astfel încât, în orice loc am despica muntele, cele două părţi vor diferi ca structură internă. Mont Blanc are o eterogenitate structurală care nu se regăseşte la jeleu, dar nu e complex în sensul în care termenul e folosit de biologi.

Să încercăm o altă cale de a defini complexitatea şi să apelăm la noţiunea matematică de probabilitate. Să considerăm următoarea definiţie: un lucru complex este ceva ale cărui părţi constitutive sunt aranjate astfel încât e improbabil să fi apărut din pură întâmplare. Pentru a împrumuta o analogie de la un eminent astronom, dacă luaţi părţile unui avion şi le amestecaţi la întâmplare, probabilitatea de a asambla în felul acesta un Boeing care să funcţioneze e extrem de mică. Există miliarde de posibilităţi de punere laolaltă a părţilor unui avion, şi doar una (sau foarte puţine) va (vor) conduce spre un avion. Există încă şi mai multe posibilităţi de punere laolaltă a părţilor unui om.

Această tentativă de definire a complexităţii e promiţătoare, însă mai e nevoie de ceva. Există miliarde de posibilităţi de punere laolaltă a părţilor Mont Blanc-ului, şi doar una din ele e Mont Blanc-ul. Prin urmare, ce face ca avionul şi omul să fie complicate, dacă Mont Blanc-ul e simplu? Orice asamblare aleatoare de părţi e unică şi, *privind retrospectiv*, e la fel de improbabilă ca oricare alta. Resturile găsite într-un cimitir de avioane sunt unice. Nu există două resturi identice. Dacă începeţi să aruncaţi fragmente de avion la grămadă, şansele de a obţine acelaşi aranjament de două ori la rând sunt la fel de mici ca şansele de a asambla în acest fel un avion. De ce nu spunem oare că un morman de gunoi, Mont Blanc-ul sau luna sunt la fel de complexe ca un avion sau ca un câine, din moment ce în toate aceste cazuri aranjamentul atomilor e „improbabil"?

Lacătul bicicletei mele are 4 096 de combinații diferite. Fiecare dintre ele e la fel de „improbabilă" în sensul că, dacă învârți rotițele aleator, fiecare dintre cele 4 096 de poziții e la fel de improbabil să apară. Eu pot învârti la întâmplare rotițele, pot observa apoi ce număr e afișat și pot exclama privind retrospectiv: „Uimitor! Șansele ca acest număr să apară sunt de 1 la 4 096. S-a petrecut un mic miracol!" Această afirmație e echivalentă cu a considera un anumit aranjament al pietrelor într-un munte sau al bucăților de metal dintr-o grămadă de deșeuri drept un lucru „complex". Însă doar una din cele 4 096 de combinații e cu adevărat interesantă: combinația 1207 e singura care deschide lacătul. Unicitatea lui 1207 nu are nimic de-a face cu privirea retrospectivă: ea e stabilită dinainte de producător. Dacă învârți rotițele la întâmplare și nimerești din prima încercare 1207, atunci poți fura bicicleta, iar acest lucru ți se va părea un mic miracol. Dacă ai norocul să ghicești repede combinația unui seif dintr-o bancă, ți se va părea un mare miracol, fiindcă probabilitatea de a o face e unu la multe milioane, iar tu vei fura o avere.

A nimeri din întâmplare numărul norocos care deschide seiful băncii e echivalent, în analogia noastră, cu a asambla niște bucăți de metal la întâmplare și a obține astfel un Boeing 747. Dintre milioanele de combinații unice și la fel de improbabile ale lacătului seifului, doar una îl deschide. La fel, dintre milioanele de aranjamente unice și improbabile de grămezi de fier, doar una (sau foarte puține) va (vor) zbura. Unicitatea aranjamentului care zboară sau care deschide seiful n-are nici o legătură cu privirea retrospectivă. Ea e stabilită dinainte. Producătorul lacătului a hotărât combinația și a comunicat-o directorului băncii. Capacitatea de a zbura e o proprietate a avionului pe care o cunoaștem dinainte. Când vedem un avion în aer putem fi siguri că nu a fost asamblat prin adunarea la întâmplare a unor bucăți de metal, fiindcă știm că șansele ca o aglomerare de metal să zboare sunt mult prea mici.

Dacă luăm în considerare toate modurile în care pietrele din Mont Blanc pot fi adunate laolaltă, e adevărat că doar unul din ele va constitui Mont Blanc-ul așa cum îl cunoaștem noi. Însă Mont

Blanc-ul aşa cum îl cunoaştem noi e definit privind retrospectiv. Oricare dintre variantele de aglomerare a rocilor poate fi considerată un munte şi s-ar putea numi Mont Blanc. Nu există nimic special la acel Mont Blanc pe care îl cunoaştem, nimic precizat dinainte, nimic echivalent cu decolarea unui avion sau cu deschiderea seifului şi cu banii care se scurg afară.

Ce e echivalent cu deschiderea seifului sau cu zborul avionului în cazul unui organism viu? Ei bine, uneori e vorba literalmente de acelaşi lucru. Rândunica zboară. După cum am mai văzut, nu e uşor de asamblat o maşină zburătoare. Dacă luăm celulele unei rândunele şi le punem laolaltă aleator, şansa ca obiectul rezultat să zboare nu e de fapt diferită de zero. Nu toate organismele vii zboară, însă fac alte lucruri la fel de improbabile, lucruri care pot fi precizate dinainte. Balenele nu zboară, însă înoată, şi înoată cu aceeaşi eficienţă cu care zboară rândunelele. Probabilitatea ca un conglomerat aleator de celule de balenă să înoate, spontan şi cu aceeaşi eficienţă şi viteză cu care înoată o balenă, e neglijabilă.

În acest punct, unii filozofi cu ochi de şoim (şoimii au ochi foarte ageri – nu puteţi obţine un ochi de şoim adunând laolaltă lentile şi celule fotosensibile în mod aleator) vor începe să mormăie ceva despre un cerc vicios. Rândunelele zboară, dar nu înoată. Abia privind retrospectiv vom judeca succesul aglomerării noastre întâmplătoare de celule ca înotător sau ca zburător. Să presupunem că am convenit să judecăm succesul acestuia în calitate de X şi că lăsăm în suspensie definiţia lui X până când adunăm toate celulele laolaltă. Adunarea aleatoare a celulelor se poate dovedi un bun săpător precum cârtiţa sau un căţărător eficient precum maimuţa. Poate fi foarte bună la surfing, la adunatul cârpelor sau la mersul în cerc până la epuizare. Şi lista ar putea continua la nesfârşit. Sau nu?

Dacă lista mea *ar putea* într-adevăr continua la nesfârşit, ipoteticul meu filozof ar avea dreptate. Dacă, oricât de aleator am aduna o cantitate de material, conglomeratul rezultant ar putea fi numit, privind retrospectiv, bun la *ceva*, atunci s-ar putea spune pe drept

cuvânt că am trişat în privinţa rândunicii şi a balenei. Însă biologii pot fi mult mai precişi când stabilesc ce înseamnă „bun la ceva". Cerinţa minimă pentru a considera un obiect drept animal sau plantă e ca acesta să reuşească să ducă *un fel sau altul* de viaţă (mai precis, ca el sau măcar un semen de-al lui să trăiască suficient pentru a se reproduce). E adevărat că există multe feluri de a-ţi duce viaţa – zburând, înotând, alergând printre copaci etc. Însă, *oricâte moduri de a fi viu ar exista, cu siguranţă există mult mai multe moduri de a fi mort*, sau cel puţin neviu. Puteţi să adunaţi celule la întâmplare timp de un miliard de ani şi să nu obţineţi nici măcar o dată un conglomerat care să zboare, să înoate, să sape, să alerge sau să facă *orice*, chiar şi prost, care să poate fi cât de vag interpretat drept acţiune menită să asigure supravieţuirea.

Acesta a fost un raţionament lung, iar acum e momentul să ne amintim cum am ajuns la el. Căutam un mod precis de a exprima ce înseamnă complicat. Am încercat să găsim ce au în comun oamenii cu râmele, avioanele şi ceasurile, dar nu au în comun cu jeleul, cu Mont Blanc-ul sau cu luna. Răspunsul la care am ajuns este că lucrurile complicate au o anume însuşire, ce poate fi precizată de la bun început şi pe care e foarte puţin probabil s-o fi dobândit doar din întâmplare. În cazul lucrurilor vii, însuşirea precizată de la bun început este, într-un anume sens, „priceperea"; fie priceperea în capacitatea particulară de a zbura, de pildă, care va fi admirată de un inginer de aeronave; fie priceperea într-un sens mai general, cum ar fi capacitatea de a evita moartea sau cea de a propaga gene prin reproducere.

Evitarea morţii presupune o activitate din partea noastră. Lăsat în voia lui – iar asta se întâmplă după moarte –, corpul are tendinţa de a reveni la o stare de echilibru cu mediul înconjurător. Dacă măsuraţi parametri cum sunt temperatura, aciditatea, conţinutul de apă sau potenţialul electric într-un organism viu, de regulă veţi observa că sunt foarte diferiţi de parametrii din mediu. Corpul nostru, de exemplu, este de obicei mai cald decât mediul înconjurător, iar în zonele cu climă rece trebuie să muncească mult pentru a menţine diferenţa de temperatură. Când murim, acest proces se

oprește, diferențele de temperatură încep să dispară și ajungem în cele din urmă la temperatura mediului ambiant. Nu toate animalele depun atât de mult efort pentru a evita ajungerea la echilibru cu temperatura mediului ambiant, însă toate animalele depun *un oarecare* efort. De pildă, în ținuturile aride, animalele și plantele încearcă să-și mențină conținutul de lichid al celulelor, luptând împotriva tendinței naturale a apei de a ieși din ele spre lumea uscată din exterior. Dacă eșuează, mor. În general, dacă lucrurile vii nu acționează opunându-se acestei tendințe, ele vor fuziona în cele din urmă cu mediul ambiant și vor înceta să existe ca ființe autonome. Asta se întâmplă când mor.

Cu excepția mașinilor artificiale, pe care am convenit să le considerăm lucruri vii, lucrurile nevii nu acționează în acest sens. Ele acceptă forțele care încearcă să le aducă în echilibru cu mediul înconjurător. Mont Blanc, de exemplu, există de mult timp și va continua să existe o bună perioadă de acum încolo, însă nu face nimic pentru a-și menține existența. Când pietrele sunt așezate sub influența gravitației, ele nu trebuie decât să stea acolo. Nu se face nici un efort pentru a rămâne așa. Mont Blanc există și va continua să existe până când se va eroda sau va fi doborât de un cutremur. Nu face nimic pentru a rezista la uzură sau pentru a se ridica dacă e dărâmat, așa cum fac organismele vii. El se supune doar legilor obișnuite ale fizicii.

Putem nega faptul că lucrurile vii se supun legilor fizicii? Cu siguranță nu. Nu avem nici un motiv să credem că legile fizicii ar fi violate în materia vie. Nu e nimic supranatural, nu există nici o „forță vitală" care să rivalizeze cu forțele fundamentale ale fizicii. Dacă încercăm să folosim legile fizicii într-un mod naiv pentru a înțelege comportamentul unui întreg corp viu, vom constata că nu ajungem prea departe. Corpul e un lucru complex, cu multe părți constituente, iar pentru a-i înțelege comportamentul trebuie să aplicăm legile fizicii la părțile lui, nu la întreg. Comportamentul corpului ca întreg va rezulta ca o consecință a interacțiunilor dintre părți.

Considerați legile mișcării, de exemplu. Dacă aruncăm o pasăre moartă în aer, ea va descrie o parabolă grațioasă, exact așa cum

spun manualele de fizică, apoi va cădea pe pământ şi va rămâne acolo. Se va comporta aşa cum un corp solid având o anume masă şi anume proprietăţi aerodinamice trebuie să se comporte. Dacă însă aruncăm în aer o pasăre vie, ea nu va descrie o parabolă şi nu va cădea înapoi pe pământ. Ea va zbura şi s-ar putea să nu mai atingă pământul până la graniţă. Explicaţia stă în musculatura ei, care lucrează împotriva gravitaţiei şi a altor forţe fizice care se exercită asupra întregului corp. Fiecare celulă musculară se supune legilor fizicii. Rezultatul e că muşchii acţionează asupra aripilor astfel încât pasărea să rămână în aer. Pasărea nu violează legile gravitaţiei. E atrasă constant în jos de gravitaţie, însă aripile ei lucrează activ – supunându-se la nivel muscular legilor fizicii – pentru a o menţine în aer în ciuda forţei gravitaţiei. Vom considera că pasărea sfidează o lege a fizicii dacă suntem atât de naivi încât s-o considerăm doar o bucată de materie nestructurată cu o anumită masă şi anumite proprietăţi aerodinamice. Dacă însă ne amintim că pasărea are numeroase părţi interne, toate supuse legilor fizicii la nivelul lor, vom înţelege comportamentul întregului corp. Aceasta nu e, desigur, o particularitate a lucrurilor vii. Ea e valabilă pentru toate maşinile făurite de om şi e în principiu valabilă pentru orice obiect complex, alcătuit din mai multe părţi.

Am ajuns astfel la subiectul final pe care aş dori să-l discut în acest capitol mai degrabă filozofic: ce anume înţelegem prin explicaţie? Am văzut ce înţelegem prin noţiunea de lucru complex. Dar ce tip de explicaţie ne va satisface dacă ne întrebăm cum funcţionează o maşină complicată sau un organism viu? Răspunsul e acela la care am ajuns în paragraful anterior. Dacă vrem să înţelegem cum funcţionează o maşină sau un organism viu, vom privi spre părţile sale componente şi ne vom întreba cum interacţionează între ele. Dacă e vorba de un lucru complex pe care încă nu-l înţelegem, vom ajunge să-l înţelegem în termenii părţilor mai simple pe care deja le înţelegem.

Dacă aş întreba un inginer cum funcţionează un motor cu aburi, am deja o idee destul de clară despre tipul de răspuns care m-ar

putea mulțumi. La fel ca Julian Huxley*, nu voi fi impresionat dacă inginerul îmi va răspunde că motorul e propulsat de un *„élan locomotif"***. Și dacă va începe să-mi spună că întregul e mai mare decât suma părților, îl voi întrerupe: „Nu-mi pasă de toate astea, mie spuneți-mi cum *funcționează*." Ce aș vrea să aud e cum interacționează părțile motorului pentru a produce comportamentul întregului motor. În primă instanță sunt gata să accept o explicație privind subansamblurile mai mari, ale căror structură internă și comportament ar fi destul de complicate și până acum neexplicate. Elementele unei explicații satisfăcătoare în primă instanță s-ar putea numi cameră de ardere, cazan cu aburi, cilindru, piston, regulator de abur. Inginerul mi-ar putea enumera, fără explicații la început, funcția fiecărui element. Aș accepta pe moment toate acestea, fără a întreba cum acționează fiecare element în parte. *Presupunând* că fiecare element face un anumit lucru, pot înțelege cum interacționează ele pentru a pune în mișcare motorul.

Desigur, pot să întreb apoi cum funcționează fiecare parte. Acceptând anterior *faptul* că regulatorul de abur reglează fluxul de abur, și folosind acest fapt pentru a înțelege comportamentul întregului motor, îmi concentrez acum atenția doar asupra regulatorului de abur. Vreau să înțeleg cum își îndeplinește acesta funcția în termenii părților lui componente. Există o ierarhie a subcomponentelor în cadrul componentelor. Noi explicăm comportamentul unei componente la un nivel dat prin interacțiunile dintre subcomponentele a căror organizare internă, deocamdată, e luată ca atare. Vom coborî în ierarhie până vom întâlni unități atât de simple încât, pentru scopuri obișnuite, nu vom mai simți nevoia

---

* Marele biolog englez Julian Huxley (1887–1975) făcea parte dintr-o familie ilustră: era frate cu scriitorul Aldous Huxley și frate vitreg cu nu mai puțin cunoscutul biolog Andrew Huxley, laureat al Premiului Nobel. (*N. red.*)

** Julian Huxley a născocit termenul de *élan locomotif* prin analogie cu noțiunea de *élan vital* introdusă de filozoful francez Henri Bergson. „Elanul vital", spunea Huxley plin de ironie, explică viața exact la fel de bine pe cât explică „elanul locomotiv" funcționarea locomotivei. (*N. red.*)

să punem întrebări despre ele. De pildă, cu sau fără temei, cei mai mulţi dintre noi se mulţumesc cu proprietăţile barelor rigide de fier şi suntem gata să le folosim ca elemente în explicarea unor maşini mai complexe care le conţin.

Desigur, fizicienii nu iau ca atare barele de fier. Ei se întreabă de ce sunt rigide şi continuă să coboare în ierarhie în straturi din ce în ce mai adânci, până la particule elementare şi cuarci. Viaţa însă e prea scurtă pentru cei mai mulţi dintre noi ca să le urmăm exemplul. La orice nivel dat de organizare complexă se poate obţine o explicaţie satisfăcătoare dacă mai coborâm cu unul sau două straturi, nu mai mult. Comportamentul unui motor de maşină se explică în termeni de cilindri, carburator şi bujii. E adevărat că fiecare dintre aceste componente se află în vârful unei piramide a explicaţiilor la niveluri mai adânci. Însă, dacă mă întrebaţi pe mine cum funcţionează un motor de maşină, mă veţi considera pedant dacă vă voi răspunde făcând apel la legile lui Newton şi la legile termodinamicii sau de-a dreptul obscurantist dacă vă voi vorbi în termeni de particule elementare. E perfect adevărat că un motor de maşină poate fi explicat prin interacţiunile dintre particulele elementare, dar e mult mai util s-o facem vorbind despre interacţiunile dintre cilindri, pistoane şi bujii.

Comportamentul unui calculator poate fi explicat în termenii interacţiunilor dintre porţile electronice semiconductoare, iar comportamentul acestora, la rândul lui, e explicat de fizicieni la niveluri şi mai profunde. Însă pentru cele mai multe scopuri veţi pierde timpul dacă veţi încerca să înţelegeţi comportamentul unui întreg calculator la aceste niveluri. Sunt prea multe porţi şi prea multe conexiuni care le leagă. O explicaţie satisfăcătoare trebuie dată cu un număr accesibil de interacţiuni. Acesta e motivul pentru care, dacă vrem să înţelegem funcţionarea calculatoarelor, vom prefera o explicaţie preliminară care să cuprindă câteva subcomponente importante – memorie, procesor, unitate de control etc. După înţelegerea interacţiunilor dintre cele câteva componente importante, vom dori poate să punem întrebări privind organizarea internă a acestor componente. Probabil că doar inginerii specializaţi vor

merge mai adânc, spre nivelul porților AND și NOR, iar doar fizicienii vor merge și mai departe, la modul în care se comportă electronii într-un mediu semiconductor.

Dintre toate „ism"-ele, cel mai potrivit pentru felul în care vreau să înțeleg cum funcționează lucrurile e probabil „reducționismul ierarhic". Dacă citiți reviste intelectuale la modă, veți observa că „reducționismul" este, ca și păcatul, unul dintre acele lucruri pomenite doar de cei care sunt împotriva lor.* A numi pe cineva reducționist sună, în unele cercuri, cam la fel cu a afirma că mănâncă prunci. Însă, așa cum nimeni nu mănâncă de fapt prunci, nimeni nu e reducționist într-un fel care să merite să fie combătut. Reducționistul inexistent – cel combătut de toți, dar care nu există decât în imaginația lor – încearcă să explice lucruri complicate *direct* în termenii *celor mai mici* părți sau chiar, în unele versiuni extreme ale mitului, ca *sumă* a părților! Reducționistul ierarhic, pe de altă parte, explică o entitate complexă la orice nivel al ierarhiei organizării în termenii entităților aflate cu doar un nivel mai jos în ierarhie, entități care, la rândul lor, sunt probabil destul de complexe pentru a necesita reduceri ulterioare la părțile lor componente și așa mai departe. E de la sine înțeles – deși se spune că fantasmagoricul mâncător de prunci neagă acest lucru – că tipurile de explicații care sunt potrivite la nivelurile superioare ale ierarhiei diferă mult de tipurile de explicații care sunt potrivite la nivelurile inferioare. De aceea explicăm mașina prin carburator, și nu prin cuarci. Însă reducționistul ierarhic crede că și carburatorul se explică în termenii unităților mai mici... care se explică în termenii unităților și mai mici... care se explică în cele din urmă în termenii celor mai mici dintre particulele elementare. Reducționismul, în acest sens, e doar un alt nume pentru o dorință onestă de a înțelege cum funcționează lucrurile.

---

* O expunere clară și detaliată a reducționismului, perfect compatibilă cu cea a lui Dawkins, dar din perspectiva complementară a fizicianului, se găsește în cartea lui Steven Weinberg *Visul unei teorii finale* (Humanitas, București, 2008). (*N. red.*)

Am început acest capitol întrebându-ne ce tip de explicație pentru lucrurile complicate ne-ar putea mulțumi. Am luat în considerare problema doar din punctul de vedere al mecanismului – cum funcționează? Concluzia noastră este: comportamentul unui lucru complicat trebuie să fie explicat în termenii interacțiunilor părților componente, considerate a fi straturi succesive ale unei ierarhii ordonate. Altă întrebare însă e cum apar pe lume lucrurile complicate. Aceasta e întrebarea la care încerc să răspund în cartea de față, de aceea nu voi spune prea multe aici. Voi menționa doar că se aplică același principiu general ca în cazul mecanismului înțelegerii. Un lucru complicat este unul a cărui existență nu suntem tentați s-o luăm ca atare, pentru că e prea „improbabilă". Nu poate să fi apărut pe lume din întâmplare. Vom explica apariția lui ca o consecință a unor transformări treptate, cumulative, pas cu pas, de la lucruri mai simple, de la obiecte primordiale suficient de simple pentru a fi apărut pe lume din întâmplare. La fel cum reducționismul care trece direct la particulele elementare nu funcționează ca explicație a mecanismului și trebuie înlocuit printr-o serie de pași mici care coboară spre baza ierarhiei, nu putem explica apariția nici unui lucru complex printr-un singur pas. Trebuie să apelăm din nou la o serie de pași mici, de data asta desfășurați succesiv în timp.

În minunata sa carte *Creația*, specialistul în chimie fizică Peter Atkins, de la Oxford, spune:

> Voi lua mintea ta într-o călătorie. Este o călătorie a lămuririi, care ne duce la marginea spațiului, timpului și înțelegerii. Voi arăta că nu există nimic care să nu poată fi înțeles, că nu există nimic care să nu poată fi explicat și că totul e extraordinar de simplu. [...] O mare parte a universului nu are nevoie de nici o explicație. Elefanții, de exemplu. Odată ce moleculele au învățat să concureze și să creeze alte molecule după propria lor imagine, elefanții și lucrurile care seamănă cu elefanții se vor găsi la timpul potrivit hoinărind prin savane.

Atkins presupune că evoluția lucrurilor complexe – subiectul principal al acestei cărți – e inevitabilă atunci când sunt îndeplinite condițiile fizice necesare. El se întreabă care sunt acele condiții

fizice minime necesare, care este cantitatea minimă de muncă de proiectare pe care ar trebui s-o depună un Creator foarte leneş pentru a vedea cum ies la lumină universul şi, mai târziu, elefanţii şi alte lucruri complexe. Răspunsul, din punctul de vedere al fizicianului, este că acel Creator poate fi infinit de leneş. Unităţile fundamentale iniţiale pe care avem nevoie să le postulăm pentru a înţelege apariţia pe lume a oricărui lucru fie constau din nimic, literalmente nimic (conform unor fizicieni), fie (conform altor fizicieni) sunt unităţi de o simplitate absolută, mult prea simple pentru a necesita ceva atât de măreţ precum o Creaţie deliberată.

Atkins spune că elefanţii şi lucrurile complexe nu au nevoie de vreo explicaţie. Acest lucru se întâmplă pentru că el este un fizician care ia de bună teoria evoluţiei a biologilor. Nu vrea să spună că într-adevăr elefanţii nu au nevoie de explicaţie; el este mai degrabă mulţumit de faptul că biologii pot explica elefanţii, cu condiţia ca aceştia să ia ca atare anumite fapte din fizică. Sarcina lui ca fizician este prin urmare să justifice ceea ce noi luăm ca atare. Şi reuşeşte. Perspectiva mea este complementară. Eu sunt biolog. Iau ca atare datele fizicii, datele lumii simplităţii. Dacă fizicienii nu au căzut până acum de acord dacă aceste fapte simple sunt înţelese nu e problema mea. Sarcina mea e să explic elefanţii şi lumea lucrurilor complexe în termenii lucrurilor simple pe care fizicienii fie le înţeleg, fie se străduiesc s-o facă. Problema fizicianului este aceea a originilor ultime şi a legilor ultime ale naturii. Problema biologului este aceea a complexităţii. Biologul încearcă să explice funcţionarea şi apariţia lucrurilor complexe în termenii lucrurilor mai simple. El poate considera că şi-a îndeplinit sarcina dacă ajunge la entităţi atât de simple încât pot fi lăsate pe seama fizicienilor.

Sunt conştient de faptul că felul în care am caracterizat un obiect complex – statistic improbabil într-o direcţie care e precizată fără a privi retrospectiv – poate părea excentric. La fel poate părea caracterizarea fizicii drept cercetarea simplităţii. Dacă preferaţi o altă definiţie a simplităţii, n-am nimic împotrivă şi, de dragul discuţiei, sunt gata s-o accept. Ţin însă ca, oricum am alege să *numim*

însușirea de a fi „statistic improbabil într-o direcție care e precizată fără a privi retrospectiv", ea este o însușire importantă care necesită un efort special pentru a fi explicată. E însușirea ce caracterizează obiectele biologice în opoziție cu obiectele fizice. Tipul de explicație pe care îl oferim nu trebuie să contrazică legile fizicii. Ea va utiliza legile fizicii și nimic altceva decât legile fizicii. Dar va face apel la legile fizicii într-un mod care nu e pomenit de regulă în manualele de fizică. Acest mod aparte i se datorează lui Darwin. Voi prezenta în capitolul 3 esența acestuia sub numele de *selecție cumulativă*.

Până atunci îl voi urma pe Paley subliniind anvergura problemei cu care se confruntă explicația noastră, vastitatea complexității biologice și frumusețea și eleganța proiectului biologic. În capitolul 2 voi discuta pe larg un exemplu particular, „radarul" liliecilor, descoperit mult după epoca lui Paley. Aici, în acest capitol, am inclus o ilustrație (figura 1) – ce i-ar mai fi plăcut lui Paley microscopul electronic! – reprezentând un ochi cu două porțiuni detaliate prin mărire. În partea de sus a figurii e o secțiune prin ochi. Acest nivel de mărire prezintă ochiul ca pe un instrument optic. Asemănarea cu un aparat de fotografiat este evidentă. Diafragma iriană e răspunzătoare de variația constantă a deschiderii, ca diafragma aparatului de fotografiat. Cristalinul, care e doar o parte a unui sistem de lentile, e răspunzător de focalizarea variabilă. Focalizarea se schimbă prin alungirea sau comprimarea cristalinului de către mușchi (sau, la cameleon, prin mișcarea cristalinului înainte și înapoi, ca la aparatele de fotografiat). Imaginea cade pe retină, iar acolo impresionează celulele fotosensibile.

Partea centrală a figurii 1 arată o mică secțiune a retinei mărită. Lumina vine din stânga. Celulele fotosensibile („fotocelulele") nu sunt prima structură pe care o lovește lumina, ci sunt dispuse în profunzime și orientate în direcție opusă luminii. Asupra acestei trăsături stranii vom reveni mai târziu. Primul lucru de care se lovește lumina este de fapt stratul de celule ganglionare care constituie „interfața electronică" dintre celulele fotosensibile și creier. De fapt, celulele ganglionare sunt răspunzătoare de preprocesarea

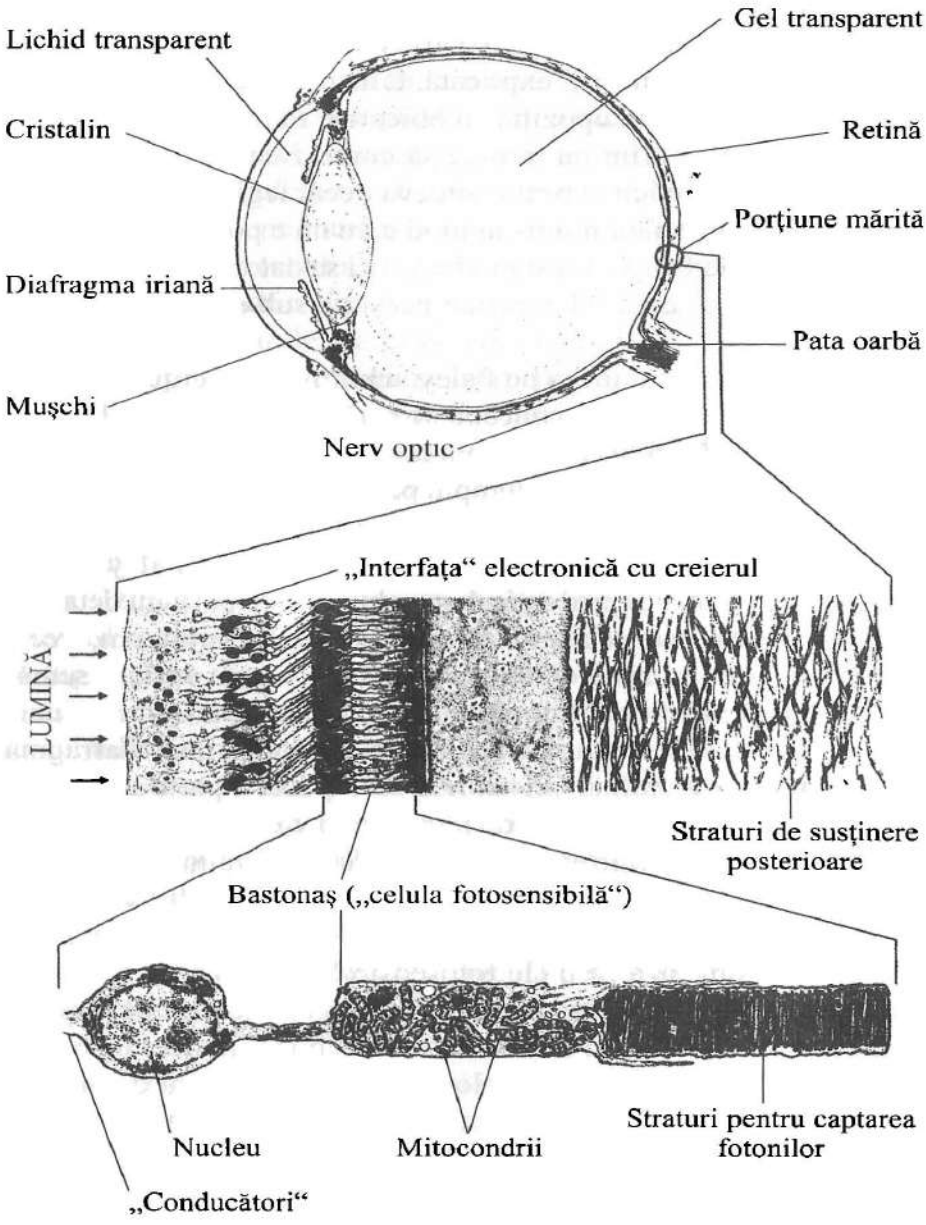

Lichid transparent
Gel transparent
Cristalin
Retină
Porţiune mărită
Diafragma iriană
Pata oarbă
Muşchi
Nerv optic
„Interfaţa" electronică cu creierul
LUMINĂ
Straturi de susţinere posterioare
Bastonaş („celula fotosensibilă")
Nucleu
Mitocondrii
Straturi pentru captarea fotonilor
„Conducători"

Figura 1

informației în moduri complicate înainte de a o trimite spre creier, iar într-un anume sens cuvântul „interfață" nu e prea nimerit în ce le privește. „Computer satelit" ar fi un nume mai corect. „Conductorii" de conexiune pornesc de la celulele ganglionare și traversează suprafața retinei până la „pata oarbă", unde intră în retină și formează cablul principal, nervul optic. Există aproximativ trei milioane de celule ganglionare în „interfața electronică", celule care culeg informații de la aproximativ 125 de milioane de celule fotosensibile.

În partea de jos a figurii e prezentată o celulă fotosensibilă mărită, un „bastonaș". Când priviți arhitectura fină a acestei celule, rețineți faptul că această structură complexă se repetă de 125 de milioane de ori în fiecare retină. Iar structuri de o complexitate comparabilă se repetă de bilioane de ori pretutindeni în organism. Cele 125 de milioane de celule fotosensibile reprezintă cam de 5 000 de ori numărul punctelor de rezoluție dintr-o imagine de bună calitate pe care o găsiți într-o revistă. Membranele pliate din dreapta celulei fotosensibile sunt de fapt structuri de receptare a luminii. Forma lor stratificată sporește eficiența celulei fotosensibile în captarea fotonilor, particulele fundamentale din care e alcătuită lumina. Dacă un foton scapă primei membrane, poate fi captat de a doua și așa mai departe. Ca urmare, unii ochi pot detecta și un singur foton. Cea mai rapidă și mai sensibilă emulsie de film pe care o au fotografii are nevoie cam de 25 de ori mai mulți fotoni pentru a detecta un punct luminos. Obiectele în formă de capsule aflate în mijlocul secțiunii sunt în cea mai mare parte mitocondrii. Mitocondriile nu se găsesc doar în celulele fotosensibile, ci și în multe altele. Fiecare poate fi considerată drept un combinat chimic care, pentru a furniza energie utilă, procesează mai mult de 700 de substanțe chimice diferite în liniile ei de asamblare lungi și vălurite dispuse de-a lungul suprafeței membranelor sale interne pliate. Și aceasta e o caracteristică a tuturor celulelor animale și vegetale. Fiecare nucleu, după cum vom vedea în capitolul 5, conține o bază de date codificate digital cu un conținut informațional mai mare decât toate cele 30 de volume ale *Enciclopediei Britanice* luate

laolaltă. Iar această cifră e pentru *fiecare* celulă, nu pentru toate celulele organismului la un loc.

Fotocelula de la baza imaginii e o singură celulă. Numărul total de celule dintr-un corp (uman) e de aproximativ 10 000 de miliarde. Când mâncaţi o friptură, distrugeţi echivalentul a mai mult de 100 de miliarde de exemplare ale *Enciclopediei Britanice*.

CAPITOLUL 2

Proiectul bun

Selecția naturală este ceasornicarul orb, orb pentru că nu privește înainte, nu plănuiește consecințele și nu are în vedere nici un scop. Și totuși rezultatele vii ale selecției naturale ne dau impresia copleșitoare că ar fi opera unui maestru ceasornicar, ne dau iluzia că ar fi planificate și proiectate. Scopul cărții de față e lămurirea acestui paradox, iar scopul capitolului de față e de a sublinia cât de puternică este iluzia proiectului. Ne vom concentra atenția asupra unui exemplu particular și vom ajunge la concluzia că, ținând cont de complexitatea și frumusețea proiectului, pledoaria lui Paley putea fi și mai convingătoare.

Putem spune că un organism sau un organ viu e bine proiectat dacă are atributele pe care un inginer inteligent și destoinic le-ar fi încorporat în el pentru îndeplinirea unui scop rațional cum ar fi zborul, înotul, văzul, mâncatul, reproducerea sau, mai general, susținerea supraviețuirii și replicării genelor organismului. Nu trebuie neapărat să presupunem că acest proiect al unui corp sau organ e *cel mai bun* lucru pe care un inginer l-ar putea concepe. Adesea cel mai bun lucru pe care un inginer l-ar putea concepe e oricum depășit de ce ar putea face un alt inginer, mai ales unul care ar trăi ceva mai târziu în istoria tehnologiei. Însă orice inginer poate recunoaște un obiect care a fost proiectat, chiar și neîndemânatic, cu un scop, și poate în general spune care e acel scop doar privind structura obiectului. În capitolul 1 am zăbovit mai mult asupra aspectelor filozofice. În acest capitol voi prezenta pe larg un exemplu concret care cred că l-ar putea impresiona pe orice inginer, și anume sonarul („radarul") liliecilor. La explicarea fiecărui aspect voi începe prin a prezenta problema cu care se confruntă mașinile

vii; apoi voi trece în revistă diferite soluții la această problemă pe care le-ar putea lua în considerare un inginer destoinic; în cele din urmă, voi ajunge la soluția pe care natura a ales-o. Desigur, cazul sonarului e doar unul dintre exemple. Dacă un inginer e impresionat de lilieci, va fi impresionat și de nenumărate alte exemple de proiecte din lumea vie.

Liliecii au o problemă: cum să-și găsească drumul prin întuneric. Ei vânează noaptea și nu pot folosi lumina pentru a-și găsi prada și pentru a evita obstacolele. Dacă aceasta e o problemă, puteți spune, atunci e o problemă provocată de ei, pe care ar evita-o prin schimbarea obiceiurilor, vânând ziua. Însă economia zilei e deja exploatată din plin de alte ființe, cum sunt păsările. Întrucât există hrană disponibilă noaptea, iar alternativele diurne sunt complet ocupate, selecția naturală a favorizat liliecii care reușesc să vâneze noaptea. În paranteză fie spus, e probabil ca modul de viață nocturn să dateze de pe vremea strămoșilor tuturor mamiferelor. Pe când dinozaurii dominau economia diurnă, strămoșii noștri mamifere reușeau probabil să supraviețuiască doar pentru că se puteau hrăni cu câte ceva noaptea. Abia după misterioasa dispariție în masă a dinozaurilor acum aproximativ 65 de milioane de ani strămoșii noștri au putut ieși la lumină în număr mai mare.

Întorcându-ne la lilieci, aceștia au o problemă inginerească: cum să-și găsească drumul și prada în absența luminii. Liliecii nu sunt singurele viețuitoare confruntate astăzi cu această problemă. Evident, și insectele nocturne pe care ei le vânează își găsesc cumva drumul. Peștii abisali și balenele au parte de puțină lumină, ba chiar n-au deloc lumină, noaptea sau ziua, deoarece razele soarelui nu pătrund prea departe de suprafața apei. Peștii și delfinii care trăiesc în ape foarte nămoloase nu pot vedea deoarece, deși există lumină, aceasta e obturată și dispersată de murdăria din apă. Multe alte animale din vremurile noastre își duc viața în condiții în care vederea e limitată sau imposibilă.

Ce soluție ar găsi un inginer la problema orientării pe întuneric? Prima care i-ar veni în minte e să producă lumină prin folosirea unei lanterne sau a unui reflector. Licuricii și unii pești (de obicei

cu ajutorul unor bacterii) au capacitatea de a produce lumină, însă procesul pare să consume o cantitate mare de energie. Licuricii folosesc lumina pentru a-şi atrage partenerele. Acest lucru nu necesită probabil prea multă energie: minuscula lucire a unui mascul poate fi văzută de o femelă de la o distanţă destul de mare noaptea, deoarece lumina ajunge direct în ochii ei. Folosirea luminii pentru orientarea în spaţiu cere mult mai multă energie, fiindcă ochii trebuie să detecteze infimele fracţiuni de lumină care se reflectă din fiecare parte a scenei. Sursa de lumină trebuie să fie deci mult mai intensă dacă e utilizată ca torţă pentru iluminarea drumului decât dacă devine semnal pentru ceilalţi. În orice caz, indiferent de scopul utilizării luminii, se pare că, în afara posibilei excepţii a unor bizari peşti abisali, nici un animal în afara omului nu foloseşte lumina produsă de el pentru a-şi găsi drumul.

La ce altceva s-ar mai putea gândi inginerul? Ei bine, oamenii orbi par să aibă uneori un surprinzător simţ al obstacolelor. I s-a dat numele de „vedere facială", deoarece orbii afirmau că e ca un fel de simţ tactil al feţei. Există o poveste despre un băiat complet orb care putea să meargă pe tricicletă cu viteză destul de mare în jurul blocului în care locuia, folosind „vederea facială". Experimentele au arătat că de fapt „vederea facială" nu are nimic de-a face cu atingerea sau cu faţa, deşi senzaţia poate fi *atribuită* feţei, ca şi durerea din membrul fantomă (amputat). Senzaţia de „vedere facială" se produce de fapt prin urechi. Oamenii orbi folosesc de fapt, fără a-şi da seama, *ecourile* propriilor paşi şi alte zgomote pentru a simţi prezenţa obstacolelor. Înainte de această descoperire, inginerii construiseră deja instrumente pentru a-i exploata principiul, de exemplu pentru a măsura adâncimea mării sub o navă. La puţin timp după inventarea acestei tehnici, ea a fost adaptată de proiectanţii de armament pentru detectarea submarinelor. Ambele tabere din cel de-al Doilea Război Mondial s-au bazat din plin pe asemenea instrumente, cu nume de cod precum Asdic (britanice) şi Sonar (americane), precum şi pe tehnologia Radar (americană) sau RDF (britanică), care foloseşte ecoul radio, nu ecoul sunetelor.

Pionierii Sonarului şi Radarului n-o ştiau, dar acum toată lumea ştie că liliecii, sau mai degrabă selecţia naturală care acţionează pentru ei, perfecţionaseră acest sistem cu zeci de milioane de ani în urmă, iar „radarul" lor e capabil de performanţe în detectare şi navigaţie care l-ar lăsa mut de admiraţie pe orice inginer. E incorect din punct de vedere tehnic să vorbim despre „radarul" liliecilor, fiindcă ei nu folosesc unde radio. De fapt, e un sonar. Însă teoriile matematice care stau la baza radarului şi sonarului sunt foarte asemănătoare, iar multe detalii privind felul în care acţionează liliecii au fost înţelese prin aplicarea teoriei radarului la lilieci. Zoologul american Donald Griffin, căruia i se datorează în mare măsură descoperirea sonarului la lilieci, a creat termenul de „ecolocaţie" pentru a defini atât sonarul, cât şi radarul, indiferent dacă e vorba de animale sau de instrumente umane. În practică, acest cuvânt e folosit mai mult pentru a desemna sonarul animal.

Ar fi greşit să credem că liliecii sunt cu toţii la fel. E ca şi cum nu am face distincţii între câini, lei, nevăstuici, urşi, hiene, urşi panda şi vidre doar pentru că sunt carnivore. Diferitele grupuri de lilieci folosesc sonarul în moduri foarte diferite şi se pare că l-au „inventat" separat şi independent, aşa cum englezii, germanii şi americanii au construit independent unii de alţii radarul. Nu toţi liliecii folosesc ecolocaţia. Liliecii de fructe din zonele tropicale ale Lumii Vechi au vedere bună şi cei mai mulţi dintre ei se folosesc de ochi pentru a se orienta în spaţiu. Există totuşi una sau două specii de lilieci de fructe, de exemplu *Rousettus*, capabile să se orienteze în cel mai adânc întuneric, unde ochii, oricât de buni ar fi, sunt ineficienţi. Ei folosesc sonarul, dar e un sonar mai primitiv decât cel folosit de liliecii mici pe care noi, cei din zonele temperate, îi cunoaştem. *Rousettus* îşi pocnesc limba puternic şi ritmic în timp ce zboară şi navighează măsurând intervalul de timp dintre fiecare pocnitură şi ecoul ei. Mare parte a pocniturilor acestor lilieci sunt perfect audibile pentru noi (adică sunt sunete, nu ultrasunete – ultrasunetele sunt de fapt tot sunete, dar de frecvenţă mai înaltă, ceea ce le face inaudibile pentru oameni).

Teoretic, cu cât e mai înaltă frecvența sunetului, cu atât e mai precis sonarul. Aceasta deoarece sunetele joase au lungimi de undă mari, care nu pot oferi informații despre distanța dintre două obiecte apropiate în spațiu. În toate celelalte privințe lucrurile stând la fel, o rachetă care folosește ecouri pentru sistemul de ghidare va produce în mod ideal sunete de frecvență foarte înaltă. Într-adevăr, cei mai mulți lilieci folosesc sunete foarte înalte, mult prea înalte pentru a fi auzite de oameni – ultrasunete. Spre deosebire de *Rousettus*, care văd foarte bine și utilizează sunete nemodificate cu frecvență relativ joasă pentru a obține o modestă ecolocație în plus față de vedere, liliecii mici par să fie eco-mașini extrem de avansate tehnic. Ei au ochi micuți, cu care probabil că de cele mai multe ori nu văd mare lucru. Trăiesc într-o lume a ecourilor și probabil creierul lor poate folosi ecourile pentru ceva asemănător cu „vederea" imaginilor, deși nouă ne e aproape imposibil să „vizualizăm" acele imagini. Zgomotele pe care le produc ei nu sunt doar cu puțin prea înalte pentru a putea fi auzite de oameni, cum ar fi cele produse de fluierul pentru câini. În multe cazuri sunt cu mult mai înalte decât cel mai înalt sunet pe care ni-l putem imagina sau auzi. Din fericire nu-i putem auzi, deoarece sunetele sunt extrem de puternice și ne-ar asurzi.

Acești lilieci seamănă cu niște avioane-spion miniaturale, pline de instrumente sofisticate. Creierele lor sunt ansambluri de bijuterii electronice miniaturale fin reglate, programate cu softul complex necesar decodării unei lumi a ecourilor în timp real. Fețele lor sunt adesea distorsionate ca ale unor animale fantastice și ne par hidoase până când ne dăm seama ce sunt ele în realitate: instrumente sofisticate pentru dirijarea ultrasunetelor în direcțiile dorite.

Deși nu putem auzi direct pulsurile de ultrasunete ale liliecilor, ne putem face o oarecare idee despre ce se întâmplă cu ajutorul unei mașini de tradus, sau „detector de lilieci". Acesta captează undele printr-un microfon ultrasonic special și convertește fiecare undă într-un zgomot audibil pe care îl putem recepționa în căști. Dacă aducem un asemenea dispozitiv într-un loc în care se hrănește un liliac, vom auzi *când* e emis fiecare puls, dar nu vom auzi cum

„sună" de fapt pulsurile. Dacă liliacul este un *Myotis*, unul dintre liliecii obişnuiţi mici şi maronii, vom auzi un zvon de pocnituri într-un ritm de aproximativ 10 pe secundă emise în timpul unui zbor de rutină. E un ritm apropiat de cel al unui teleimprimator standard sau al unei mitraliere Bren.

Probabil că imaginea pe care o are un liliac despre lumea în care zboară e actualizată de zece ori pe secundă. Propriile noastre imagini vizuale par să fie actualizate continuu atâta timp cât ochii sunt deschişi. Ne putem da seama cum ar fi să avem imagini ale lumii actualizate intermitent folosind un stroboscop noaptea. Acest lucru se face uneori în discoteci şi produce efecte spectaculoase. Un dansator apare într-o succesiune de atitudini statuare, îngheţate. Evident, cu cât facem ca stroboscopul să fie mai rapid, cu atât imaginea se va apropia de vederea continuă „normală". Vederea stroboscopică reglată la frecvenţa de croazieră a liliacului, de aproximativ 10 imagini pe secundă, e aproape la fel de bună ca vederea normală „continuă" pentru unele scopuri obişnuite, chiar dacă nu şi pentru prinderea unei mingi sau a unei insecte.

Acesta e însă doar ritmul pulsurilor liliacului într-un zbor de rutină. Când un liliac mic maroniu detectează o insectă şi începe să zboare spre ea, ritmul creşte. Mai rapid decât al unei mitraliere, el poate atinge 200 de pulsuri pe secundă atunci când liliacul se apropie de ţinta în mişcare. Pentru a exemplifica acest lucru, ar trebui să creştem ritmul stroboscopului aşa încât pulsurile lui de lumină să fie de două ori mai rapide decât frecvenţa reţelei electrice, devenind astfel insesizabile distinct la lumina unui tub de neon. Evident, ne putem exercita toate funcţiile vizuale normale, ba chiar putem juca tenis sau ping-pong într-o lume vizuală „pulsată" la o asemenea frecvenţă. Dacă ne-am imagina că în creierul liliacului se construieşte o imagine a lumii similară imaginilor noastre vizuale, ritmul pulsurilor pare să sugereze că imaginea obţinută prin ecou de liliac e cel puţin la fel de detaliată şi de „continuă" ca imaginea noastră vizuală. Desigur, ar putea exista alte motive pentru care ea să nu fie la fel de detaliată ca imaginea noastră vizuală.

Dacă liliecii pot creşte ritmul „stroboscopului" la 200 de pulsuri pe secundă, de ce nu îl menţin tot timpul la acest nivel? Din moment ce e clar că au un „buton" de reglare a ritmului „stroboscopului", de ce nu îl potrivesc în permanenţă la maximum, păstrându-şi mereu percepţia asupra lumii la nivelul cel mai ridicat, pentru a face faţă oricărei situaţii de urgenţă? Un motiv este acela că asemenea ritmuri înalte sunt utile doar pentru ţintele apropiate. Dacă un puls l-ar urma prea îndeaproape pe cel dinaintea lui, el s-ar amesteca cu ecoul precedentului care se întoarce de la o ţintă mai îndepărtată. Chiar dacă nu ar fi aşa, există probabil motive economice suficiente pentru a nu menţine ritmul pulsurilor în permanenţă la valori maxime. Ar fi pesemne costisitoare producerea pulsurilor ultrasonore puternice, costisitoare ca energie, costisitoare pentru voce şi urechi, costisitoare poate şi ca timp de calcul. Un creier care procesează 200 de ecouri diferite pe secundă s-ar putea să nu mai aibă capacitatea suplimentară de a se gândi la altceva. Chiar şi un ritm lent de aproximativ 10 pulsuri pe secundă e probabil destul de costisitor, dar mult mai puţin decât ritmul de 200 de pulsuri pe secundă. Un liliac care şi-ar creşte ritmul ar plăti un preţ suplimentar în energie etc., nejustificat de acuitatea sporită a sonarului. Atunci când singurul obiect aflat în mişcare în imediata vecinătate e liliacul însuşi, lumea aparentă e suficient de asemănătoare în zecimi de secundă succesive pentru a nu fi nevoie de o creştere a ritmului pulsurilor. Când imediata vecinătate include un alt obiect în mişcare, în special când e vorba de o insectă care zboară, întorcându-se şi răsucindu-se, plonjând în încercarea disperată de a scăpa de urmăritor, beneficiul pe care îl obţine liliacul prin creşterea ritmului justifică din plin costurile. Desigur, evaluarea costurilor şi beneficiilor în acest capitol se bazează pe presupuneri, dar e foarte probabil că se întâmplă ceva de genul acesta.

Inginerul care începe să proiecteze un sonar sau un radar eficient se va lovi rapid de o problemă apărută din nevoia de a produce pulsuri extrem de puternice. Ele trebuie să fie puternice deoarece, atunci când sunetul se răspândeşte, frontul său de undă avansează ca o sferă în continuă expansiune. Intensitatea sunetului se distribuie

și, într-un anumit sens, se „diluează" pe întreaga suprafață a sferei. Suprafața unei sfere e proporțională cu pătratul razei. Intensitatea sunetului în orice punct al sferei scade deci nu proporțional cu distanța (raza), ci cu pătratul distanței față de sursa sunetului, pe măsură ce frontul de undă avansează și sfera se mărește. Aceasta înseamnă că sunetul se atenuează destul de repede pe măsură ce se îndepărtează de sursă, în acest caz liliacul.

Când acest sunet diluat lovește un obiect, de pildă o muscă, el e reflectat. La rândul lui, sunetul reflectat radiază de la muscă într-un front de undă sferic ce se extinde. Din același motiv ca în cazul sunetului inițial, intensitatea acestuia scade proporțional cu pătratul distanței față de muscă. Când ecoul ajunge din nou la liliac, scăderea intensității lui este proporțională nu cu distanța de la muscă la liliac, nici măcar cu pătratul distanței, ci cu ceva apropiat de pătratul pătratului – puterea a patra – distanței. Aceasta înseamnă că sunetul e foarte, foarte slab. Problema poate fi rezolvată parțial dacă liliacul dirijează sunetul prin intermediul a ceva echivalent cu un megafon, însă doar dacă cunoaște deja direcția țintei. În orice caz, pentru ca liliacul să primească un ecou cât de cât rezonabil de la o țintă îndepărtată, sunetul pe care îl produce trebuie să fie foarte puternic, iar instrumentul care detectează ecoul, urechea, extrem de sensibil la sunete foarte slabe – ecourile. Țipetele liliecilor sunt, după cum am văzut, foarte puternice, iar urechile lor, foarte sensibile.

Iată acum problema care l-ar descumpăni pe inginerul ce încearcă să proiecteze o mașină asemănătoare liliacului. Dacă microfonul sau urechea sunt atât de sensibile, ele riscă să fie grav afectate de extrem de intensul puls sonor emis. Soluția problemei nu e de a emite sunete mai slabe, pentru că ecourile vor fi mult prea slabe pentru a putea fi auzite. Iar *această* problemă nu se poate rezolva prin crearea unui microfon („ureche") mai sensibil, pentru că ar deveni mai vulnerabil la sunetele emise, deși acestea ar fi mai slabe! E o dilemă inevitabilă provocată de imensa diferență de intensitate între sunetul emis și ecoul care se întoarce, diferență impusă inexorabil de legile fizicii.

Ce altă soluție ar mai putea găsi inginerul? Când proiectanții radarului din cel de-al Doilea Război Mondial s-au confruntat cu o problemă asemănătoare, ei au găsit o soluție pe care au numit-o radar „emisie/recepție". Semnalele radar erau trimise în pulsuri necesarmente foarte puternice, care ar fi avariat antenele ce așteptau întoarcerea ecourilor slabe. Circuitul „emisie/recepție" deconecta temporar antenele receptoare chiar înainte de emiterea pulsurilor, apoi le reconecta la timp pentru recepționarea ecourilor.

Liliecii au elaborat tehnica „emisie/recepție" cu foarte mult timp în urmă, probabil cu milioane de ani înainte ca strămoșii noștri să coboare din copaci. Iată cum funcționează. În urechile liliecilor, ca și în ale noastre, sunetul e transmis de la timpan către celulele microfonice, fonosensibile prin intermediul punții formate din cele trei oscioare numite ciocanul, nicovala și scărița, datorită formelor pe care le au. Montarea și funcționarea acestor trei oscioare sunt exact ceea ce ar fi proiectat un inginer electronist pentru a îndeplini funcția de „adaptare a impedanțelor", dar asta e o altă poveste. Ce contează aici e faptul că liliecii au mușchi bine dezvoltați atașați la scăriță și la ciocan. Când acești mușchi se contractă oscioarele nu mai transmit sunetul atât de eficient — e ca atunci când amuțiți un microfon punând degetul pe diafragma care vibrează. Liliacul își poate folosi acești mușchi pentru a-și deconecta temporar urechile. Mușchii se contractă chiar înainte ca liliacul să emită undele, deconectând astfel urechile pentru a le proteja de pulsurile intense. Apoi mușchii se relaxează și urechile revin la sensibilitatea maximă la timp pentru a recepționa ecoul care se întoarce. Sistemul de „emisie/recepție" funcționează numai dacă se respectă cu precizie succesiunea acestor mișcări. Liliacul numit *Tadarida* poate să-și contracte și să-și relaxeze musculatura oscioarelor de 50 de ori pe secundă, fiind perfect sincronizat cu frecvența de mitralieră a ultrasunetelor. E o sincronizare remarcabilă, comparabilă cu un truc inteligent folosit de unele avioane de luptă din Primul Război Mondial. Mitralierele lor trăgeau „prin" elice, focul fiind atent sincronizat cu rotația elicei, așa încât gloanțele să treacă printre pale fără a le lovi.

O altă problemă cu care s-ar confrunta inginerul e următoarea: dacă sonarul măsoară distanța până la ținte prin măsurarea intervalelor de liniște dintre emisia sunetului și ecoul care se întoarce – metoda pe care se pare că o folosește *Rousettus* –, sunetele trebuie să fie pulsuri foarte scurte și sacadate. Un sunet lung va fi încă emis la sosirea ecoului său și, chiar dacă e parțial înăbușit de mușchii de transmisie/recepție, va face ca ecoul să fie greu detectabil. Se pare că în mod ideal pulsurile liliecilor trebuie să fie foarte scurte. Dar, cu cât e mai scurt un sunet, cu atât e mai dificil să i se sporească intensitatea pentru a produce un ecou acceptabil. Se pare că avem de-a face cu un alt compromis impus de legile fizicii. Inginerii pricepuți pot găsi două soluții, pe care de altfel le-au și găsit când au fost confruntați cu aceeași problemă în cazul analog al radarului. Care dintre aceste două soluții este de preferat depinde de ce e mai important de măsurat: raza (distanța dintre obiect și instrument) sau viteza (cu care se mișcă obiectul în raport cu instrumentul). Prima soluție e cunoscută inginerilor de radiolocație sub numele de „radar oscilant".

Ne putem închipui semnalele radarului ca pe o serie de pulsuri, însă fiecare puls are o așa-numită frecvență purtătoare. Aceasta e analogă frecvenței unui puls de sunet sau ultrasunet. Țipetele liliecilor, după cum am văzut, au un ritm de repetiție a pulsurilor de zeci sau sute de ori pe secundă. Fiecare dintre aceste pulsuri are o frecvență purtătoare de zeci de mii până la sute de mii de cicli pe secundă. Cu alte cuvinte, fiecare puls e un țipăt de frecvență înaltă. La fel, fiecare puls al radarului e un „țipăt" de unde radio cu o frecvență purtătoare înaltă. Caracteristic pentru un radar oscilant e faptul că nu are o frecvență purtătoare fixă în timpul fiecărui țipăt, ci ea crește sau descrește cam cu o octavă. Dacă am căuta echivalentul unui sunet, fiecare emisie a radarului poate fi asemănată cu un fluierat pe care îl scoți când ești încântat de ce vezi. Avantajul radarului oscilant, spre deosebire de pulsul cu frecvență fixă, e următorul. Nu contează dacă sunetul e încă emis la întoarcerea ecoului. Ele nu vor fi confundate. Și aceasta deoarece

ecoul detectat în orice moment va fi o reflectare a unei părți anterioare a sunetului și va avea prin urmare o frecvență diferită.

Proiectanții umani ai radarelor au folosit din plin această tehnică ingenioasă. Există vreo dovadă că liliecii ar fi „descoperit" și asta, așa cum au descoperit sistemul de emisie/recepție? Ei bine, numeroase specii de lilieci produc sunete care scad în frecvență cam cu o octavă la fiecare țipăt. Aceste fluierături se spune că sunt modulate în frecvență (FM). Ele par să fie exact lucrul de care au nevoie pentru exploatarea tehnicii „radarului oscilant". Cercetările de până acum ne arată însă că liliecii folosesc această tehnică nu pentru a distinge între un ecou și sunetul inițial care l-a produs, ci pentru sarcina mai subtilă de a deosebi ecourile între ele. Liliacul trăiește într-o lume de ecouri provenind de la obiecte apropiate, îndepărtate și aflate la orice distanță intermediară. El trebuie să deosebească toate aceste ecouri. Dacă emite sunete cu frecvență descrescătoare, diferențierea se face perfect pe baza frecvențelor. Când ecoul de la un obiect îndepărtat ajunge în cele din urmă înapoi la liliac, va fi un ecou mai „bătrân" decât ecoul care se întoarce imediat de la un obiect apropiat. Prin urmare va avea o frecvență mai înaltă. Când liliacul recepționează ecouri care se suprapun provenind de la mai multe obiecte, poate aplica o regulă empirică: frecvență mai înaltă înseamnă distanță mai mare.

A doua idee ingenioasă pe care o poate găsi inginerul, în special dacă e interesat de măsurarea vitezei unei ținte mobile, e exploatarea a ceea ce fizicienii numesc deplasare Doppler. Aceasta ar mai putea fi numită „efect de ambulanță", fiindcă cea mai familiară manifestare a ei e scăderea bruscă a frecvenței sunetului sirenei unei ambulanțe care trece în viteză. Deplasarea Doppler apare atunci când sursa de sunet (ori de lumină, ori alt tip de undă) și receptorul se mișcă unul în raport cu altul. E mai simplu să ne închipuim că sursa de sunet e fixă și receptorul e mobil. Să presupunem că sirena de pe acoperișul unei fabrici s-ar tângui continuu, pe o singură notă. Sunetul se răspândește în exterior ca o serie de unde. Undele nu pot fi văzute, pentru că sunt unde de presiune a aerului. Dacă ar putea fi văzute ar semăna cu cercurile concentrice care se dilată

centrifug atunci când aruncăm pietricele într-un bazin. Imaginați-vă că am aruncat o serie de pietricele în succesiune rapidă în mijlocul unui bazin, așa încât valurile să radieze continuu din centru. Dacă ancorăm o bărcuță de hârtie într-un punct fix din bazin, ea va sălta ritmic în sus și în jos, pe măsură ce valurile trec pe sub ea. Frecvența cu care bărcuța saltă e analogul înălțimii unui sunet. Să presupunem acum că bărcuța, în loc să fie ancorată, s-ar deplasa spre centrul bazinului, de unde pornesc valurile. Ea va sălta în continuare în sus și în jos când se lovește de fronturile de undă succesive. Însă frecvența cu care se lovește de valuri va fi mai mare, deoarece se deplasează spre sursa valurilor. Va sălta în sus și în jos într-un ritm mai rapid. Pe de altă parte, când trece de sursa valurilor și se îndreaptă spre celălalt capăt, frecvența cu care saltă va fi în mod evident mai mică.

Din aceleași motive, dacă mergem repede pe o motocicletă (preferabil silențioasă) pe lângă sirena unei fabrici, atunci când ne apropiem de fabrică înălțimea sunetului va fi mai mare: urechile noastre „înghit" undele într-un ritm mai rapid decât dacă am sta pe loc. Același argument e valabil și când motocicleta trece de fabrică și se îndepărtează, înălțimea sunetului devenind mai mică. Dacă ne oprim, vom auzi sunetul sirenei așa cum e el în realitate, cu o frecvență între cele două frecvențe deplasate Doppler. Astfel, cunoscând exact frecvența sunetului sirenei, e teoretic posibil să aflăm cu ce viteză ne deplasăm spre sau dinspre ea pur și simplu ascultând frecvența aparentă a sunetului și comparând-o cu cea „adevărată".

Același principiu se aplică atunci când sursa se mișcă și receptorul stă pe loc. De aceea funcționează în cazul ambulanțelor. Se spune că însuși Christian Doppler a demonstrat efectul care-i poartă numele angajând o fanfară să cânte într-un vagon deschis ce se deplasa în mare viteză pe lângă publicul uimit. La efectul Doppler ceea ce contează e mișcarea relativă și nu are importanță dacă sursa sunetului se deplasează pe lângă ureche sau urechea pe lângă sursa sunetului. Dacă două trenuri trec în direcții opuse, fiecare mergând cu viteza de 200 km/h, un pasager dintr-un tren va auzi șuieratul

celuilalt tren scăzând în frecvenţă cu o deplasare Doppler impresionantă, dat fiind că viteza relativă e de 400 km/h.

Efectul Doppler e folosit de radarele pentru automobile ale poliţiei. Un instrument fix emite semnale radar de-a lungul drumului. Undele radar se lovesc de maşinile care se apropie, se întorc şi sunt înregistrate de aparatul de recepţie. Cu cât maşina se mişcă mai repede, cu atât deplasarea Doppler în frecvenţă e mai mare. Comparând frecvenţa de emisie cu cea a ecoului care se întoarce, poliţia, sau mai bine zis instrumentul ei, poate calcula viteza fiecărei maşini. Dacă poliţia poate folosi tehnica la măsurarea vitezei şoferilor inconştienţi, putem spera ca liliecii s-o utilizeze la măsurarea vitezei unei insecte hrănitoare?

Răspunsul este da. Despre micii lilieci cunoscuţi sub numele de lilieci-potcoavă se ştie de mult că emit sunete lungi, cu frecvenţă fixă, nu păcănituri sacadate sau fluierături coborâtoare. Când spun lungi, am în vedere standardele liliecilor. Sunetele lor nu au durate mai mari de o zecime de secundă. Adesea la sfârşitul fiecărui sunet apare un „fluierat" coborâtor, după cum vom vedea. Imaginaţi-vă mai întâi un liliac-potcoavă emiţând un flux continuu de ultrasunete în timp ce zboară spre un obiect fix, cum ar fi un copac. Fronturile de undă vor lovi copacul într-un ritm accelerat din pricina mişcării liliacului spre copac. Dacă s-ar aşeza un microfon în copac, el ar „auzi" sunetul deplasării Doppler spre o frecvenţă mai înaltă. Când fronturile de undă ale ecoului se întorc de la copac spre liliacul care se apropie, el continuă să se deplaseze repede către ele. Prin urmare va apărea o nouă deplasare Doppler spre o frecvenţă mai înaltă în momentul când liliacul percepe frecvenţa ecoului. Mişcarea liliacului conduce la un fel de dublă deplasare Doppler, a cărei magnitudine e un indicator precis al vitezei liliacului în raport cu copacul. Comparând frecvenţa ţipătului liliacului şi a ecoului care se întoarce, liliacul (sau mai bine zis calculatorul său de bord din creier) ar putea, teoretic, calcula cât de repede se mişcă spre copac. Aceste calcule nu îi vor putea spune liliacului cât de departe e faţă de copac, dar îi vor furniza totuşi informaţii utile.

Dacă obiectul care reflectă ecourile nu ar fi un copac, ci o insectă în mişcare, consecinţele Doppler ar fi mult mai complicate, dar liliacul ar putea în continuare calcula viteza mişcării relative între el şi ţintă, tocmai acel gen de informaţii de care are nevoie o rachetă teleghidată sofisticată, aşa cum e un liliac la vânătoare. De fapt, unii lilieci folosesc un truc mai interesant decât emiterea de sunete cu frecvenţă constantă şi măsurarea frecvenţei ecourilor care se întorc. Ei reglează atent frecvenţele sunetelor emise aşa încât să păstreze frecvenţa ecoului constantă după ce a fost deplasată Doppler. Când se îndreaptă în plină viteză spre o insectă în mişcare, frecvenţa ţipetelor lor e continuu modificată, căutând permanent frecvenţa necesară pentru ca ecourile să rămână la o frecvenţă fixă. Acest truc ingenios face ca ecoul să rămână mereu la frecvenţa la care urechile sunt cel mai sensibile – lucru important, de vreme ce ecourile sunt atât de slabe. Ei pot prin urmare să obţină informaţiile necesare pentru calculele lor Doppler urmărind frecvenţa la care sunt obligaţi să emită sunete pentru a obţine ecoul cu frecvenţă fixă. Nu ştiu dacă instrumentele fabricate de om, fie că este vorba de sonar sau de radar, folosesc acest truc subtil. Însă, conform principiului că cele mai inteligente idei în acest domeniu par să fie aplicate mai întâi de lilieci, aş putea paria că răspunsul e da.

Este de aşteptat deci ca aceste două tehnici diferite, tehnica deplasării Doppler şi tehnica „radarului oscilant", să fie folositoare pentru scopuri diferite. Unele grupuri de lilieci se specializează într-una din ele, altele, în cealaltă. Unele grupuri par să încerce să ia ce e mai bun din ambele, emiţând „fluierături" modulate în frecvenţă la sfârşitul (uneori la începutul) unei serii de sunete lungi cu frecvenţă constantă. Alt truc ciudat al liliecilor-potcoavă se leagă de mişcarea pavilioanelor urechilor. Spre deosebire de alţi lilieci, liliecii-potcoavă îşi mişcă rapid pavilioanele urechilor înainte şi înapoi. Este de presupus că această mişcare suplimentară rapidă a suprafeţei de ascultare în raport cu ţinta produce modulaţii utile ale deplasării Doppler, modulaţii care furnizează şi alte informaţii. Când urechile se mişcă spre ţintă, viteza aparentă a mişcării spre

ţintă creşte. Când se mişcă dinspre ţintă, efectul e invers. Creierul liliacului „ştie" direcţia de oscilaţie a fiecărei urechi şi în principiu ar putea face calculele necesare pentru a folosi informaţia.

Probabil că cea mai dificilă problemă cu care se confruntă liliecii e pericolul bruiajului provocat de sunetele altor lilieci. Experimentatorii au descoperit că e surprinzător de dificil să-i distragă prin emiterea de ultrasunete artificiale cu intensitate mare. Acest lucru putea fi prevăzut. Liliecii trebuie să fi rezolvat problema evitării bruiajului cu mult timp în urmă. Multe specii de lilieci trăiesc în grupuri enorme, în peşteri unde trebuie să fie o hărmălaie asurzitoare de ultrasunete şi ecouri, şi cu toate acestea ei pot zbura rapid prin peşteri, evitând pereţii şi pe ceilalţi lilieci prin beznă. Cum reuşeşte un liliac să dea de urma propriilor ecouri şi să evite să se rătăcească din pricina ecourilor celorlalţi? Prima soluţie pe care o poate găsi un inginer este un fel de codificare a frecvenţei: fiecare liliac trebuie să aibă frecvenţa lui propric, la fel ca diferitele staţii radio. Acest lucru poate fi valabil până la un punct, dar în mod cert lucrurile sunt mult mai complicate.

Nu se ştie bine cum reuşesc liliecii să evite bruiajul semenilor, dar avem unele indicii interesante din experimente menite a-i deruta. Se pare că putem înşela într-adevăr unii lilieci prin reproducerea propriilor lor sunete cu o *întârziere* artificială. Li se dau, cu alte cuvinte, false ecouri ale propriilor sunete. Este posibil chiar, prin controlarea atentă a aparaturii electronice care decalează falsele ecouri, să-i facem pe lilieci să încerce să aterizeze pe o pistă „fantomă". Presupun că e ca şi cum liliacul ar privi lumea printr-o lentilă.

Se pare că liliecii se folosesc de ceva ce am putea numi „filtru pentru lucruri străine". Fiecare ecou succesiv al ţipetelor liliecilor produce o imagine a lumii care capătă sens în funcţie de imaginile anterioare construite cu ecourile anterioare. Dacă creierul unui liliac aude un ecou de la ţipătul altui liliac şi încearcă să-l încadreze în imaginea lumii construită anterior, aceasta nu va mai avea sens. Ar fi ca şi cum obiectele din acea lume ar fi sărit brusc în diferite direcţii. Obiectele din lumea reală nu se comportă atât de nebuneşte,

de aceea creierul poate elimina acel ecou aparent considerându-l zgomot de fond. Dacă un experimentator ar oferi unui liliac „ecouri" întârziate sau accelerate artificial ale propriilor lui țipete, falsele ecouri vor avea sens în funcție de imaginea lumii pe care liliacul și-a construit-o anterior. Ecourile false sunt acceptate de filtrul pentru lucruri străine fiindcă sunt plauzibile în contextul ecourilor anterioare. Ele produc o foarte mică deplasare aparentă a obiectelor, ceea ce e de altfel de așteptat să se întâmple cu un obiect din lumea reală. Creierul liliacului se bazează pe presupunerea că lumea reprezentată prin ecoul oricărui puls va fi la fel cu lumea reprezentată prin pulsurile anterioare sau foarte puțin diferită: de exemplu, insecta urmărită e posibil să se fi deplasat puțin.

Există un articol bine-cunoscut al filozofului Thomas Nagel, cu titlul „Cum este să fii liliac?". Articolul nu tratează atât subiectul liliecilor, cât problema filozofică de a ne imagina cum ar fi să fim altceva decât suntem. Liliacul e un exemplu grăitor fiindcă experiențele unui liliac care se bazează pe ecolocație se presupune a fi deosebit de stranii și diferite de ale noastre. Dacă vreți să împărtășiți experiența unui liliac, e profund greșit să mergeți într-o peșteră și să strigați sau să loviți două linguri una de alta, cronometrând intervalul până la apariția ecoului și calculând apoi distanța la care se găsește peretele.

Nu v-ați apropia de liliac mai mult decât vă apropie următorul exemplu de vederea unei culori: folosiți un instrument care să măsoare lungimea de undă a luminii ce intră în ochi: dacă e lungă vedeți roșu, dacă e scurtă vedeți albastru sau violet. Este un fapt fizic că lumina pe care o numim roșie are lungimea de undă mai mare decât cea pe care o numim albastră. Diferite lungimi de undă acționează asupra fotocelulelor sensibile la roșu și la albastru din retina noastră. Însă nu există nici un fel de idee de lungime de undă în senzația noastră subiectivă de culoare. Nimic din „cum este să" vedem roșu sau albastru nu ne spune care lumină are lungimea de undă mai mare. Dacă acest lucru are vreo importanță (și de regulă nu are), e suficient să ne amintim sau (ceea ce fac eu de fiecare dată) să căutăm într-o carte. La fel, un liliac percepe poziția unei insecte folosind ceea ce noi numim ecouri. Însă liliacul

desigur nu gândeşte în termenii decalării ecoului atunci când percepe o insectă, aşa cum nici noi nu gândim în termenii lungimii de undă atunci când percepem roşul sau albastrul.

Dacă aş fi obligat să încerc imposibilul şi să-mi închipui cum e să fii liliac, aş bănui că ecolocaţia pentru ei ar fi la fel ca vederea pentru noi. Suntem în asemenea măsură animale vizuale, încât cu greu ne dăm seama cât de complicată e vederea. Obiectele sunt „acolo" şi noi credem că le „vedem" acolo. Bănuiesc însă că de fapt percepţia noastră e un model informatic complex din creier, construit pe baza informaţiei care ne vine din afară, dar e transformată în creier într-o formă sub care informaţia poate fi *folosită*. Diferenţele de lungime de undă ale luminii din exterior sunt codificate ca diferenţe de „culoare" în modelul informatic din creier. Contururile şi alte atribute sunt codificate asemănător, într-o formă uşor de manevrat. Senzaţia văzului este, pentru noi, foarte diferită de cea a auzului, dar acest lucru nu se poate lega direct de diferenţele fizice dintre lumină şi sunet. Atât lumina, cât şi sunetul sunt, la urma urmei, traduse de organele de simţ corespunzătoare în acelaşi tip de impulsuri nervoase. E imposibil de stabilit, pornind de la atributele fizice ale impulsului nervos, dacă transmite informaţii despre lumină, despre sunet sau despre miros. Motivul pentru care senzaţia văzului e atât de diferită de cea a auzului sau a mirosului este acela că creierul găseşte convenabil să folosească diferite tipuri de modele interne pentru lumea vizuală, lumea sonoră şi lumea olfactivă. Faptul că noi *folosim intern* informaţiile vizuale şi sonore în moduri diferite şi pentru scopuri diferite face ca senzaţiile văzului şi auzului să fie atât de diferite. Aceasta nu se datorează direct diferenţelor fizice dintre lumină şi sunet.

Însă un liliac foloseşte informaţia *sonoră* aproape la fel cum folosim noi informaţia *vizuală*. El utilizează sunetul pentru a percepe poziţia obiectelor în spaţiul tridimensional şi pentru a-şi reactualiza permanent această percepţie, la fel cum noi folosim lumina. Tipul de model informatic intern de care are nevoie este deci unul potrivit pentru reprezentarea internă a poziţiilor schimbătoare ale obiectelor în spaţiul tridimensional. Cred că forma pe care o ia experienţa subiectivă a unui animal este o proprietate a modelului

informatic intern. Acel model va fi proiectat, în cursul evoluției, așa încât să ofere o reprezentare internă utilă, indiferent de stimulii fizici care vin din exterior. Atât liliecii, cât și noi *avem nevoie* de același tip de model intern pentru reprezentarea poziției obiectelor în spațiul tridimensional. Faptul că liliecii își construiesc modelul intern cu ajutorul ecourilor, în timp ce noi îl construim cu ajutorul luminii, e irelevant. Informația externă e tradusă oricum în același tip de impulsuri nervoase în drumul ei spre creier.

Presupun deci că liliecii „văd" aproape în același fel ca noi, chiar dacă mijlocul fizic prin care lumea „din afară" e tradusă în impulsuri nervoase e atât de diferit – ultrasunete în loc de lumină. Liliecii pot chiar folosi senzațiile pe care noi le numim culori pentru scopuri proprii, pentru a-și reprezenta diferențe din lumea exterioară care nu au nimic de-a face cu fizica lungimilor de undă, dar care joacă pentru liliac un rol funcțional asemănător cu rolul pe care îl joacă culorile pentru noi. Poate că liliecii masculi au suprafețe corporale subtil texturate așa încât ecourile care ricoșează din ei să fie percepute de femele ca niște culori minunate, echivalentul sonor al penajului nupțial al păsării paradisului. N-o spun doar ca pe o metaforă vagă. E posibil ca senzația subiectivă trăită de femela liliac la perceperea unui mascul chiar să fie, de pildă, roșu-aprins: aceeași senzație pe care o trăiesc eu la vederea unui flamingo. Sau, cel puțin, percepția femelei asupra masculului ar putea să nu fie mai diferită de percepția mea vizuală a păsării flamingo decât ar fi percepția mea vizuală a păsării diferită de percepția unei păsări flamingo asupra altei păsări flamingo.

Donald Griffin ne povestește cum el și colegul său Robert Galambos și-au prezentat pentru prima oară la o conferință a zoologilor din 1940 noua descoperire privind ecolocația liliecilor. Un distins om de știință a fost atât de indignat, încât

> l-a luat pe Galambos de umeri și l-a zgâlțâit, afirmând că nu se pot lansa asemenea ipoteze revoltătoare. Radarul și sonarul încă erau tehnologii militare strict secrete, iar ideea că liliecii ar putea face ceva cât de cât asemănător cu cele mai recente cuceriri ale ingineriei electronice li se părea celor mai mulți nu doar neplauzibilă, ci și dezgustătoare.

Nu-i greu să-l înţelegem pe distinsul sceptic. Există ceva foarte uman în refuzul lui de a crede. Tocmai pentru că simţurile noastre omeneşti *nu* pot să facă ce fac liliecii, nouă ni se pare greu de crezut. Fiindcă noi putem înţelege aceste lucruri doar la nivelul instrumentelor artificiale şi al calculelor matematice pe hârtie, ne e greu să ne imaginăm că un mic animal o face în capul lui. Şi totuşi, calculele matematice necesare pentru a explica principiile văzului sunt la fel de complexe şi dificile, iar nimeni nu a pus la îndoială faptul că animalele mici pot vedea. Motivul acestui dublu standard în scepticismul nostru e pur şi simplu acela că noi putem vedea, dar nu putem face ecolocaţie.

Îmi pot imagina alte lumi în care la o conferinţă a unor fiinţe inteligente şi complet oarbe, asemănătoare liliecilor, s-ar crea stupoare la aflarea veştii că nişte animale numite oameni ar putea folosi nou-descoperitele şi inaudibilele raze numite „lumină", subiectul unor tehnici militare ultrasecrete, pentru a se orienta. Aceşti oameni, altminteri primitivi, sunt aproape complet surzi (sigur, ei pot auzi unele mârâituri lente, tărăgănate, pe care le folosesc doar în scopuri rudimentare, cum ar fi comunicarea cu semenii; nu par însă capabili să le folosească nici măcar pentru detectarea unor obiecte foarte masive). Ei au în schimb organe înalt specializate numite „ochi" pentru exploatarea razelor de „lumină". Soarele e principala sursă de raze luminoase, iar oamenii, lucru surprinzător, pot folosi ecourile complexe reflectate de obiecte în momentul în care razele luminoase provenind de la soare le lovesc. Ei au un instrument ingenios numit „cristalin", a cărui formă pare să fie calculată matematic pentru a devia aceste raze tăcute aşa încât să existe o corespondenţă precisă între obiectele din lume şi o „imagine" care apare pe o reţea de celule numită „retină". Aceste celule retiniene sunt capabile, în mod misterios, să facă lumina „audibilă" (am putea spune) şi trimit direct informaţia la creier. Matematicienii noştri au demonstrat că teoretic e posibil, prin efectuarea unor calcule foarte complexe, să se navigheze în siguranţă prin lume utilizând aceste raze de lumină, la fel de eficient ca prin folosirea obişnuită a ultrasunetelor – uneori chiar *mai* eficient!

Dar cui i-ar fi trecut prin minte că un biet om ar putea face asemenea calcule?

Ecolocația liliecilor e doar unul dintre miile de exemple pe care le-aș fi putut alege pentru a ilustra ideea unui proiect bun. Animalele dau impresia că au fost proiectate de un fizician sau un inginer cu înalte cunoștințe teoretice și mare ingeniozitate practică, dar nu avem nici un indiciu că liliecii înșiși ar cunoaște sau ar înțelege teoria în același sens în care o înțelege fizicianul. Ar trebui să ne gândim la liliac ca la analogul radarului poliției, nu ca la persoana care a proiectat acest instrument. Proiectantul radarului poliției a înțeles teoria efectului Doppler și și-a exprimat înțelegerea prin ecuații matematice, scrise explicit pe hârtie. Înțelegerea proiectantului e conținută în proiectul instrumentului, însă instrumentul în sine nu înțelege cum funcționează. Instrumentul conține componente electronice, care sunt conectate pentru a putea compara automat două frecvențe radar și a converti rezultatul în unități convenabile – kilometri pe oră. Calculul e complicat, dar poate fi făcut de o cutiuță cu componente electronice moderne conectate corect. Desigur, un creier conștient și sofisticat a făcut conexiunile (sau măcar a desenat diagrama firelor conectate), însă în funcționarea permanentă a cutiei nu e implicat nici un creier conștient.

Experiența noastră privind tehnologia electronică ne pregătește să acceptăm ideea că o mașinărie inconștientă se poate comporta ca și cum ar înțelege noțiuni matematice complexe. Această idee e direct transferabilă la funcționarea mașinăriilor vii. Liliacul e o mașinărie ale cărei componente electronice interne sunt conectate astfel încât musculatura de zbor să-l dirijeze către insecte la fel cum o rachetă teleghidată inconștientă e dirijată spre un avion. Până aici intuiția noastră, derivând din tehnologie, e corectă. Însă experiența noastră tehnologică ne îndeamnă și să credem că la originea mașinăriilor sofisticate se află mintea unui proiectant conștient care acționează cu un scop precis. Această a doua intuiție e greșită în cazul mașinăriilor vii. În cazul lor, „proiectantul" e selecția naturală inconștientă, ceasornicarul orb.

Sper că cititorul e cuprins de aceeaşi admiraţie ca mine, după cum ar fi fost şi William Paley, în faţa acestor poveşti cu lilieci. Scopul meu a fost, într-o anume privinţă, identic cu cel al lui Paley. Nu vreau ca cititorul să subestimeze prodigioasele lucrări ale naturii şi problemele cu care ne confruntăm în explicarea lor. Ecolocaţia liliecilor, deşi necunoscută pe vremea lui Paley, ar fi servit scopului său la fel de bine ca toate exemplele pe care le-a dat. Paley şi-a dezvoltat pledoaria multiplicând exemplele. El a mers prin corp, din creştet până în tălpi, arătând cum fiecare parte, fiecare detaliu, seamănă cu interiorul unui ceas minunat construit. În multe privinţe aş vrea să procedez la fel, pentru că sunt multe poveşti frumoase de spus, iar mie îmi place să spun poveşti. Însă nu e nevoie să dăm prea multe exemple. Unul sau două sunt de ajuns. Ipoteza care poate explica navigaţia liliecilor e un candidat bun pentru explicarea oricărui lucru din lumea vie, iar dacă explicaţia lui Paley pentru oricare exemplu al său e greşită, noi nu o putem corecta prin multiplicarea exemplelor. Ipoteza lui era că ceasurile vii ar fi fost literalmente proiectate şi construite de un meşter ceasornicar. Ipoteza noastră modernă e că munca aceasta a fost făcută în etape evolutive succesive de selecţia naturală.

Teologii din zilele noastre nu sunt atât de tranşanţi ca Paley. Ei nu arată spre mecanismele vii complexe spunând că sunt evident proiectate de un creator, aşa cum e un ceas. Însă există o tendinţă de a arăta spre ele şi a spune: „E imposibil de crezut" că atâta complexitate sau atâta desăvârşire ar putea fi generate de selecţia naturală. Ori de câte ori citesc asemenea remarci îmi vine să scriu pe margine: „Vorbeşte doar în numele tău." Există numeroase exemple (eu am numărat 35 la un singur capitol) într-o carte recent apărută, *Probabilitatea lui Dumnezeu*, scrisă de Hugh Montefiore, episcop de Birmingham. Voi folosi această carte pentru toate exemplele mele din restul acestui capitol, fiindcă e vorba de o încercare sinceră şi onestă a unui autor respectabil şi instruit de a actualiza teologia naturală. Când spun onest ştiu ce spun. Spre deosebire de unii dintre colegii săi teologi, episcopul Montefiore nu se teme

să afirme că problema existenței lui Dumnezeu ține de fapte precise. Nu încearcă să ne păcălească prin afirmații evazive cum ar fi: „Creștinismul e un mod de viață. Problema *existenței* lui Dumnezeu e eliminată: este un miraj creat de iluziile realismului."* O parte a acestei cărți se ocupă de fizică și cosmologie, iar eu, neavând competența de face comentarii în această privință, mă voi mărgini să observ că a citat fizicieni veritabili. Ar fi fost bine dacă ar fi făcut la fel și cu partea de biologie. Din păcate, aici a preferat să consulte lucrările lui Arthur Koestler, Fred Hoyle, Gordon Rattray-Taylor și Karl Popper! Episcopul crede în evoluție, dar nu și în faptul că selecția naturală e o explicație adecvată pentru cursul pe care l-a luat evoluția (în parte și deoarece, ca mulți alții, el a înțeles greșit că selecția naturală e „întâmplătoare" și „lipsită de sens").

El folosește din plin ceea ce ar putea fi numit Argumentul Neîncrederii Personale. Într-unul dintre capitole găsim următoarele fraze, în această ordine:

> ...nu pare să existe nici o explicație pe baze darwiniste [...] Nu e mai ușor de explicat [...] E greu de înțeles [...] Nu e ușor de înțeles [...] Este la fel de greu de explicat [...] Nu cred că e ușor de înțeles [...] Nu cred că e ușor de observat [...] Mi se pare greu de înțeles [...] Nu e ușor de explicat [...] Nu văd cum [...] Neodarwinismul nu pare cea mai potrivită cale de a explica multe dintre aspectele complexe ale comportamentului animalelor [...] Nu e ușor de înțeles cum ar fi putut evolua un asemenea comportament doar prin selecția naturală [...] Este imposibil [...] Cum ar putea evolua un organ atât de complicat? [...] Nu e ușor de văzut [...] Este greu de observat...

Argumentul Neîncrederii Personale este extrem de slab, după cum a observat și Darwin. În unele cazuri se bazează pe simpla ignoranță. De pildă, unul dintre lucrurile pe care episcopul le găsește greu de înțeles este culoarea albă a ursilor polari.

---

* Aici, *realism* trebuie înțeles în contextul filozofiei scolastice – universaliile (în cazul de față Dumnezeu) au o existență reală. Cu alte cuvinte, Dawkins are în vedere perspectiva *nominalistă* (opusă realismului), după care universaliile sunt simple nume cu care operăm, fără a avea corespondent în realitate. (*N. red.*)

> Cât privește camuflajul, acesta nu e întotdeauna ușor de explicat pornind de la premise neodarwiniste. Dacă urșii polari sunt dominanți în regiunea arctică, atunci nu pare să fi fost nevoie să-și fi dezvoltat o formă de camuflaj de culoare albă.

Afirmația ar trebui tradusă astfel:

> Eu, personal, cufundat în studiu, nevizitând vreodată regiunea arctică, nevăzând vreodată un urs polar în sălbăticie și format de literatura clasică și de teologie, nu m-am gândit prea mult la motivul pentru care urșii polari ar avea un avantaj din faptul că sunt albi.

În acest caz particular, presupunerea care se face este că doar animalele care sunt vânate au nevoie de camuflaj. Se trece cu vederea faptul că și prădătorii ar avea avantaje de pe urma camuflajului în fața prăzii lor. Urșii polari pândesc focile care se odihnesc pe plajă. Dacă foca vede ursul venind de la o distanță mare, poate scăpa. Cred că dacă episcopul și-ar imagina un urs grizzly de culoare închisă încercând să vâneze foci pe gheață ar găsi imediat răspunsul la problema lui.

Argumentul ursului polar s-a dovedit a fi prea ușor de demontat, dar, într-un sens foarte important, nu asta era ideea. Chiar dacă cea mai importantă autoritate din lume nu-și poate explica un fenomen biologic remarcabil, nu înseamnă că fenomenul e inexplicabil. Multe mistere au rămas nedezlegate timp de secole și în cele din urmă li s-a găsit o explicație. Pentru majoritatea biologilor moderni nu ar fi greu de explicat nici unul dintre cele 35 de exemple ale episcopului făcând apel la teoria selecției naturale, deși nu toate sunt chiar la fel de ușor de explicat cum e problema urșilor polari. Însă nu inventivitatea umană intră în discuție. Chiar dacă am găsi un exemplu pe care *nu l-am putea* explica, ar trebui să ne abținem să tragem vreo concluzie măreață din propria noastră incapacitate. Darwin însuși s-a exprimat limpede în această privință.

Există mai multe versiuni serioase ale argumentului neîncrederii personale, versiuni care nu se sprijină pur și simplu pe ignoranță sau pe lipsa inventivității. O formă a argumentului folosește direct senzația de miraculos pe care o avem cu toții când suntem confruntați cu mașinării extrem de complicate, cum e perfecțiunea

de detaliu a echipamentului de ecolocație al liliecilor. Concluzia este că în mod evident ceva atât de minunat nu putea evolua prin selecție naturală. Episcopul îl citează aprobator pe G. Bennett în privința pânzelor de păianjen:

> Este imposibil ca cineva care a asistat la munca de construcție timp de mai multe ore să mai creadă că păianjenii din aceste specii sau strămoșii lor au fost vreodată arhitecții pânzei ori că aceasta ar fi putut fi produsă pas cu pas prin variații întâmplătoare; ar fi absurd să presupunem că proporțiile complexe și exacte ale Parthenonului ar fi putut rezulta din îngrămădirea unor bucăți de marmură.

Nu e deloc imposibil. Este ceea ce cred eu cu toată convingerea, și am ceva experiență în privința păianjenilor și a pânzelor lor.

Episcopul ajunge apoi la ochiul uman, întrebând retoric și închipuindu-și că nu există răspuns: „Cum ar putea evolua un organ atât de complex?" Acesta nu e un argument, e doar o afirmare a neîncrederii. Sursa neîncrederii intuitive, pe care cu toții suntem tentați s-o simțim, față de ceea ce Darwin numea organe de extremă perfecționare și complexitate este, cred eu, dublă. Mai întâi, nu avem nici o idee intuitivă asupra imensității timpului disponibil pentru transformarea evolutivă. Cei mai mulți sceptici în privința selecției naturale sunt pregătiți să accepte faptul că aceasta poate aduce schimbări minore precum coloratia închisă care a evoluat la multe specii de molii de la revoluția industrială încoace. Însă, acceptând așa ceva, ei vor sublinia cât de mică e schimbarea. După cum spune episcopul, molia închisă la culoare nu e o *specie nouă*. Sunt de acord că aceasta e o mică schimbare, incomparabilă cu evoluția ochiului sau a ecolocației. Moliilor însă le-au trebuit o sută de ani pentru a suferi această transformare. O sută de ani înseamnă mult timp pentru noi, fiindcă e o perioadă mai lungă decât viața noastră. Dar pentru un geolog este cam de o mie de ori mai scurtă decât ceea ce măsoară el în mod obișnuit!

Ochii nu se fosilizează, de aceea nu știm cât timp i-a trebuit tipului nostru de ochi pentru a ajunge de la nimic la complexitatea și perfecțiunea de acum, dar a avut la dispoziție câteva sute de milioane de ani. Gândiți-vă, prin comparație, la transformările pe

care omul le-a produs într-un timp mult mai scurt prin selecția genetică a câinilor. În câteva sute, cel mult mii de ani am trecut de la lup la pekinez, buldog, chihuahua și Saint Bernard. Sunt *toți* câini, nu-i așa? Nu s-au transformat în „altfel" de animale? Da, dacă vă place să vă jucați cu asemenea cuvinte, îi puteți numi pe toți câini. Dar gândiți-vă la timpul implicat. Să ne reprezentăm timpul total care a fost necesar pentru evoluția tuturor acestor rase de câini din lup printr-un singur pas. Apoi, pe aceeași scară, cât de departe ar trebui să mergeți pentru a ajunge înapoi la Lucy și semenii ei, cele mai vechi fosile umane care aveau fără îndoială o poziție bipedă? Răspunsul e aproximativ 3 kilometri. Și cât de departe ar trebui să mergeți pentru a ajunge înapoi la începutul evoluției pe Pământ? Răspunsul e că ar trebui să străbateți tot drumul de la Londra la Bagdad. Gândiți-vă cât de mare a fost transformarea de la lup la chihuahua, apoi înmulțiți-o cu numărul de pași care încap pe distanța dintre Londra și Bagdad. Aceasta vă va da o idee despre cât de mare e transformarea la care ne putem aștepta în evoluția naturală reală.

A doua sursă a neîncrederii noastre naturale în privința evoluției organelor foarte complexe precum ochii umani și urechile liliecilor e aplicarea intuitivă a teoriei probabilităților. Episcopul Montefiore îl citează pe C.E. Raven când vorbește despre cuci. Aceștia își depun ouăle în cuiburile altor păsări, care se comportă apoi ca părinți adoptivi. Ca multe alte adaptări biologice, cea a cucului nu e simplă, ci multiplă. Multe lucruri diferite legate de cuci se potrivesc cu stilul lor parazitar de viață. De exemplu, mama are obiceiul de a-și depune ouăle în cuiburile altor păsări, iar puiul are obiceiul de a arunca puii gazdei afară din cuib. Ambele obiceiuri ajută cucul să aibă succes în viața lui de parazit. Raven merge mai departe:

> Se va vedea că fiecare dintre aceste șiruri de condiții este esențial pentru succesul întregului. Întregul *opus perfectum* trebuie atins simultan. Improbabilitatea apariției întâmplătoare a unei asemenea serii de coincidențe e, după cum am mai afirmat, astronomică.

Argumente precum acesta sunt în principiu mai respectabile decât cele bazate pe neîncrederea oarbă. Măsurarea improbabilității statistice a unei ipoteze e modul corect de a examina credibilitatea ei. Într-adevăr, e o metodă pe care o vom folosi în această carte de mai multe ori. Dar trebuie s-o facem corect! Există două greșeli în argumentul prezentat de Raven. Mai întâi este confuzia obișnuită și, trebuie să spun, iritantă între selecția naturală și „caracterul aleator". Mutația e aleatoare; selecția naturală e exact opusul aleatorului. Apoi, nu e deloc *adevărat* că „fiecare element de unul singur e inutil". Nu e adevărat că întreaga operă desăvârșită trebuie încheiată simultan. Nu e adevărat că fiecare parte e esențială pentru succesul întregului. Un sistem simplu, rudimentar, embrionar de ochi, de ureche, de ecolocație, de parazitism al cucului etc. este mai bun decât nici unul. Fără ochi suntem complet orbi. Cu o jumătate de ochi putem cel puțin detecta direcția generală a mișcării prădătorului, chiar dacă nu putem focaliza clar imaginea. Iar acest lucru face diferența între viață și moarte. Toate aceste probleme vor fi reluate pe larg în următoarele două capitole.

CAPITOLUL 3

Acumularea micilor transformări

Am văzut că lucrurile vii sunt prea frumos şi improbabil „proiectate" pentru a apărea din întâmplare. Atunci cum au apărut? Răspunsul, răspunsul lui Darwin, este: prin transformări treptate, pas cu pas, de la începuturi simple, de la entităţi primordiale suficient de simple pentru a apărea aleator. Fiecare schimbare succesivă în procesul evolutiv treptat a fost suficient de simplă, *în raport cu etapa precedentă*, pentru a avea loc aleator. Dar întregul şir de paşi cumulativi nu e în nici un caz un proces întâmplător, dacă luăm în considerare complexitatea produsului final în raport cu punctul de pornire. Procesul cumulativ e dirijat de supravieţuirea neîntâmplătoare. Scopul acestui capitol e de a demonstra puterea *selecţiei cumulative* privită ca un proces esenţialmente nealeator.

Dacă vă plimbaţi pe o plajă cu pietriş, veţi observa că pietrele nu sunt aşezate întâmplător. Cele mai mici se găsesc de regulă în zone distincte de-a lungul plajei, cele mai mari în alte zone. Pietrele au fost sortate, aranjate, selectate. Un trib care trăieşte în apropierea ţărmului s-ar putea minuna la dovada unei asemenea aranjări a lumii şi ar putea să creeze pornind de aici un mit, atribuind poate această ordine unui Mare Spirit din ceruri cu minte înţeleaptă şi simţ al ordinii. Asemenea superstiţii ne-ar putea aduce un zâmbet superior pe buze şi am putea explica aranjamentul respectiv prin acţiunea forţelor oarbe ale fizicii, în acest caz valurile. Valurile nu au nici scop, nici intenţie, nici minte înţeleaptă, nici măcar minte. Ele aruncă doar cu putere pietrele în jur, iar pietrele mari şi mici răspund diferit la acest tratament care li se aplică, ajungând în diferite zone ale plajei. Un pic de ordine s-a născut din dezordine, fără ca vreo minte s-o planifice.

Valurile şi pietricelele sunt doar un exemplu simplu de sistem care generează automat nealeatorul. Lumea e plină de asemenea sisteme. Cel mai simplu exemplu la care mă pot gândi e o gaură. Numai obiectele cu diametrul mai mic decât diametrul ei pot trece prin ea. Asta înseamnă că, dacă aduceţi o mulţime de obiecte deasupra găurii, iar o forţă le mişcă alcator în jurul ei, după un timp obiectele de deasupra şi dedesubtul ei vor fi sortate nealeator. Spaţiul de sub gaură va conţine obiecte cu diametrul mai mic decât al găurii, iar cel de deasupra, cu precădere obiecte mai mari. Omenirea a folosit de mult timp acest principiu simplu pentru a genera nealeatorul, prin utilul instrument cunoscut sub numele de sită.

Sistemul solar e un aranjament stabil de planete, comete şi roci care orbitează în jurul Soarelui şi se poate presupune că e doar unul dintre numeroasele asemenea sisteme din univers. Cu cât un satelit e mai aproape de Soare, cu atât mai repede trebuie să se mişte pentru a contrabalansa gravitaţia Soarelui şi a rămâne pe o orbită stabilă. Pentru o orbită dată există doar o viteză cu care un satelit poate naviga şi rămâne pe orbită. Dacă s-ar deplasa cu orice altă viteză, fie ar ieşi de pe orbită în spaţiu, fie s-ar zdrobi de Soare, fie s-ar muta pe altă orbită. Iar dacă privim planetele sistemului nostru solar, fiecare se deplasează exact cu viteza necesară pentru a se menţine pe orbită în jurul Soarelui. O binecuvântată minune a unui înţelept proiect? Nu, doar o altă „sită" naturală. Evident, toate planetele pe care le vedem orbitând în jurul Soarelui trebuie să se mişte cu o viteză precisă pentru a se menţine pe orbită, altminteri nu le-am vedea pentru că nu ar mai fi acolo! Dar e la fel de evident că nu există nici o dovadă de proiectare conştientă. E doar un alt tip de sită.

Cernerea atât de simplă prin sită nu e suficientă pentru a fi de una singură răspunzătoare de imensa cantitate de ordine nealeatoare prezentă în lucrurile vii. Amintiţi-vă analogia lacătului cu cifru. Tipul de nealeator care poate fi generat de o simplă cernere poate fi comparat cu deschiderea unui lacăt la care cifrul e reprezentat de o singură cifră: e uşor de deschis la noroc. Pe de altă parte, tipul de nealeator pe care îl vedem la sistemele vii e echivalent

cu un gigantic lacăt cu cifru având un număr neverosimil de cifre. Pentru a genera o moleculă biologică precum hemoglobina, pigmentul roşu din sânge, prin simpla cernere, ar trebui luaţi toţi aminoacizii constituenţi ai hemoglobinei şi amestecaţi la întâmplare, în speranţa că molecula de hemoglobină se va reconstitui singură printr-un noroc pur. Cantitatea de noroc necesară pentru o asemenea operaţie e inimaginabilă şi a fost folosită de Isaac Asimov şi de alţii în chip de exemplu grăitor.

O moleculă de hemoglobină e alcătuită din patru lanţuri de aminoacizi răsuciţi împreună. Să ne gândim doar la unul dintre aceste patru lanţuri. Este format din 146 de aminoacizi. În organismele vii se găsesc 20 de tipuri de aminoacizi. Numărul de posibilităţi de aranjare a 20 de aminoacizi în lanţuri de 146 este extrem de mare şi a fost numit de Asimov „numărul hemoglobinei". E uşor de calculat, dar răspunsul e imposibil de vizualizat. Prima verigă din lanţul de 146 poate fi oricare dintre cei 20 de aminoacizi. Cea de-a doua verigă poate fi de asemenea oricare dintre cei 20, aşa încât numărul de lanţuri posibile cu 2 aminoacizi este 20×20, adică 400. Numărul de lanţuri posibile cu 3 verigi este $20 \times 20 \times 20$, adică 8 000. Numărul de lanţuri posibile cu 146 de unităţi este 20 la puterea 146. Un număr uluitor de mare. Un milion este un 1 urmat de 6 zerouri. Un miliard (1 000 de milioane) este 1 urmat de 9 zerouri. Numărul pe care îl căutăm, „numărul hemoglobinei", este (aproape egal cu) 1 urmat de 190 de zerouri! Inversul acestui număr este probabilitatea de a reconstrui hemoglobina prin noroc pur. Iar o moleculă de hemoglobină e doar un fragment infim din complexitatea întregului organism. Simpla cernere în sine nu e nici pe departe în stare să genereze ordinea unui lucru viu. Cernerea e un ingredient esenţial în generarea ordinii vii, dar nu e nici pe departe totul. Mai e nevoie de ceva. Pentru a explica acest lucru, voi face o distincţie între selecţia „dintr-un singur pas" şi selecţia „cumulativă". Sitele simple pe care le-am prezentat în acest capitol sunt toate exemple de selecţie dintr-un singur pas. Organizarea vie e produsul selecţiei cumulative.

Diferența esențială dintre selecția dintr-un singur pas și selecția cumulativă e următoarea. În selecția dintr-un singur pas, entitățile selectate sau sortate, pietre sau orice altceva, sunt sortate o dată pentru totdeauna. În selecția cumulativă, ele se „reproduc"; sau rezultatele unei singure cerneri sunt introduse într-o cernere ulterioară, care la rândul ei... și așa mai departe. Entitățile sunt supuse selecției sau sortării de-a lungul a numeroase „generații" succesive. Produsul final al unei generații de selecție e punctul de plecare pentru următoarea generație de selecție, și așa mai departe pentru numeroase generații. E firesc să împrumutăm cuvinte precum „reproducere" și „generație", care sunt asociate cu lucrurile vii, pentru că lucrurile vii sunt exemplele principale despre care știm că participă la selecția cumulativă. S-ar putea dovedi că sunt și singurele. Însă pentru moment nu vreau să consider adevărat ceea ce trebuie demonstrat.

Uneori norii, prin acțiunea vântului de frământare și modelare, încep să semene cu unele obiecte familiare. Există o fotografie deseori publicată, făcută de pilotul unui avion mic, cu un nor care seamănă cu chipul lui Isus privind spre cer. Am văzut cu toții nori care ne amintesc de ceva – un căluț de mare, de pildă, sau o față zâmbitoare. Aceste asemănări apar prin selecție într-un singur pas sau printr-o unică coincidență. Nu sunt deci foarte impresionante. Asemănarea semnelor zodiacale cu animalele după care au fost numite, Scorpion, Leu etc., este la fel de puțin impresionantă ca predicțiile astrologilor. Nu suntem copleșiți de asemănare, așa cum suntem de adaptările biologice – produsele selecției cumulative. Spunem că e ciudată, stranie sau spectaculoasă asemănarea, de pildă, a unei insecte cu o frunză sau a unei călugărițe cu un mănunchi de flori roz. Asemănarea unui nor cu o nevăstuică e doar amuzantă, abia dacă merită să fie pomenită unui tovarăș de drum. Mai mult, e probabil să ne răzgândim în privința acelui lucru cu care seamănă norul cel mai bine.

Hamlet: Vezi norul acela în chip de cămilă?
Polonius: Pe sfânta liturghie, e întocmai ca o cămilă.
Hamlet: Eu găsesc că seamănă cu o nevăstuică.
Polonius: Este adus de spate ca o nevăstuică.

Hamlet: Sau ca o balenă?
Polonius: Chiar ca o balenă.

Nu știu cine a spus prima dată că, având suficient timp la dispoziție, o maimuță care bate la întâmplare la o mașină de scris ar putea reproduce operele complete ale lui Shakespeare. Sintagma-cheie e, desigur, „suficient timp". Dar să reducem sarcina pe care i-o dăm maimuței. Să presupunem că ea nu trebuie să producă operele complete ale lui Shakespeare, ci doar o frază scurtă: „Eu găsesc că seamănă cu o nevăstuică"*, oferindu-i o tastatură simplificată, cu doar 26 de majuscule și spațiu. Cât timp îi va lua să scrie această propoziție mică?

Propoziția conține 28 de caractere, așa că ar fi bine să presupunem că maimuța face o serie de „încercări" separate, fiecare fiind compusă din 28 de apăsări pe taste. Dacă bate fraza corect, experimentul ia sfârșit. Dacă nu, îi vom permite o altă „încercare" cu 28 de caractere. Nu cunosc nici o maimuță, dar din fericire fiica mea de 11 luni e un dispozitiv aleator bine antrenat și s-a arătat doritoare să intre în rolul maimuței-dactilografe. Iată ce a tastat ea pe calculator:

UMMK JK CDZZ F ZD DSDSKSM
S SS FMCV PU I DDRGLKDXRRDO
RDTE QDWFDVIOY UDSKZWDCCVYT
H CHVY NMGNBAYTDFCCVD D
RCDFYYYRM N DFSKD LD K WDWK
JJKAUIZMZI UXDKIDISFUMDKUDXI

Ea însă avea și alte probleme importante de rezolvat, așa încât am fost obligat să programez calculatorul pentru a simula o tastare aleatoare, cum ar face un bebeluș sau o maimuță:

WDLDMNLT DTJBKWIRZREZLMQCO P
Y YVMQKZPGJXWVHGLAWFVCHQYOPY

* Am apelat la traducerea lui Ion Vinea. În original: *Methinks it is like a weasel*. (*N. red.*)

MWR SWTNUXMLCDILEUBXTQHNZVJYF
FU OVAODVYKDGXDEKYVMOGGS VT
HZQZDSFZIHIVPHZPETPWVOVPMZGF
GEWRGZRPBCTPGQMCKHFDBGW ZCCF

Şi aşa mai departe. Nu e greu de calculat cât de mult ar trebui să aşteptăm pentru ca un calculator programat astfel (sau un bebeluş, sau o maimuţă) să bată METHINKS IT IS LIKE A WEASEL [Eu găsesc că seamănă cu o nevăstuică]. Gândiţi-vă la numărul total de fraze posibile de această lungime pe care maimuţa, bebeluşul sau calculatorul ar putea să le scrie. E acelaşi tip de calcul pe care l-am făcut şi pentru hemoglobină şi are un rezultat de o mărime asemănătoare. Sunt 27 de posibile litere (considerând spaţiul ca o literă) în prima poziţie. Probabilitatea ca maimuţa să bată prima literă (M) corect este deci de 1 la 27. Probabilitatea ca primele două litere să fie corecte (ME) este aceea ca a doua literă să fie corectă (E) cu condiţia ca şi prima literă (M) să fie corectă, prin urmare 1/27 × 1/27, egal 1/729. Probabilitatea de a bate întreaga frază de 28 de caractere corect este de 1/27 la puterea 28, adică 1/27 înmulţit cu el însuşi de 28 de ori. Şansele sunt deci foarte mici, cam de 1 la 10 000 de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane. Pentru a ne exprima cu indulgenţă, fraza pe care o aşteptăm va veni după foarte mult timp, ca să nu mai vorbim de operele complete ale lui Shakespeare.

Cam atât despre selecţia dintr-un singur pas a variaţiei aleatoare. Dar selecţia cumulativă – cu cât ar trebui să fie ea mai eficientă? Mult, mult mai eficientă, poate mai mult decât ne-am da noi seama la început, deşi e aproape evident dacă ne gândim mai bine. Folosim din nou maimuţa noastră computerizată, dar cu o mare diferenţă în program. Se începe din nou alegând o secvenţă aleatoare de 28 de litere, ca mai înainte:

WDLMNLT DTJBKWIRZREZLMQCO P

Acum, această frază aleatoare se „reproduce". Se copiază repetat, dar cu o anumită probabilitate de eroare întâmplătoare –

„mutație" – în copiere. Calculatorul examinează frazele mutante lipsite de sens, „progeniturile" frazei inițiale, și alege una care, fie cât de puțin, seamănă mai bine cu fraza-țintă, METHINKS IT IS LIKE A WEASEL. În acest caz, fraza câștigătoare a „generației" următoare se întâmplă să fie:

WDLTMNLT DTJBSWIRZELMQCO P

Nu e o îmbunătățire spectaculoasă! Dar procedeul se repetă, din nou sunt „reproduse" din frază „progenituri" mutante și e ales un nou câștigător. Și tot așa generații de-a rândul. După 10 generații, fraza aleasă pentru „reproducere" este:

MDLDMNLS ITJISWHRZREZ MECS P

După 20 de generații:

MELDINLS IT ISWPRKE Z WECSEL

Acum pare să existe o asemănare cu fraza-țintă. După 30 de generații nu mai încape nici o îndoială:

METHING IT ISWLIKE B WECSEL

Generația 40 ne aduce la o literă distanță de țintă:

METHINKS IT IS LIKE I WEASEL

Iar ținta e în sfârșit atinsă la generația 43. O a doua rundă a calculatorului începe cu fraza:

Y YVMQKZPFJXWVHGLAWFVCHQXYOPY

trece prin (am prezentat din nou fiecare a zecea generație):

Y YVMQKSPFTXWSHLIKEFV HQYSPY
YETHINKSPITXISHLIKEFE WQYSEY
METHINKS IT ISSLIKE A WEFSEY
METHINKS IT ISBLIKE A WEASES
METHINKS IT ISJLIKE A WEASEO

METHINKS IT IS LIKE A WEASEP

şi atinge ţinta la generaţia 64. A treia rundă a calculatorului începe cu:

GEWRGZRPBCTPGQMCKHFDBGW ZCCF

şi ajunge la METHINKS IT IS LIKE A WEASEL în 41 de generaţii de „reproducere" selectivă.

Timpul exact de care are nevoie calculatorul pentru a-şi atinge ţinta nu contează. Dacă vreţi să ştiţi, el a terminat întregul exerciţiu pentru mine, prima dată, în timpul cât am luat prânzul. Adică aproximativ o jumătate de oră. (Entuziaştii calculatoarelor vor găsi că a fost excesiv de lent. Motivul este că programul a fost scris în BASIC, un fel de limbaj copilăresc al calculatoarelor. Când l-am rescris în Pascal, a avut nevoie de 11 secunde.) Calculatoarele sunt ceva mai rapide decât maimuţele la treaba asta, dar diferenţa nu înseamnă nimic. Ce contează e diferenţa dintre intervalul de timp necesar *selecţiei cumulative* şi cel necesar aceluiaşi calculator, lucrând în acelaşi ritm, pentru a atinge fraza-ţintă, în condiţiile în care e obligat să folosească celălalt procedeu, *selecţia dintr-un singur pas*: cam un milion de milioane de milioane de milioane de milioane de ani. Ar depăşi cu mai mult de un milion de milioane de milioane de ori vârsta universului nostru. De fapt, ar fi mai cinstit să spun doar că, în comparaţie cu timpul necesar unei maimuţe sau unui calculator programat aleator pentru a scrie fraza-ţintă, vârsta totală a universului nostru e o cantitate neglijabilă, atât de mică încât se află în marja de eroare a acestui calcul aproximativ. Iar timpul necesar unui calculator care lucrează aleator, dar sub constrângerea *selecţiei cumulative*, pentru a face acelaşi lucru e de un ordin de mărime pe care oamenii îl pot înţelege, între 11 secunde şi timpul de care avem nevoie pentru a lua masa.

E o mare diferenţă, prin urmare, între selecţia cumulativă (în care fiecare îmbunătăţire, oricât de mică, e folosită ca bază pentru construcţii ulterioare) şi selecţia dintr-un singur pas (în care la fiecare nouă „încercare" lucrurile sunt luate de la capăt). Dacă

procesul evolutiv ar fi avut la bază selecția dintr-un singur pas, nu ar fi ajuns niciodată nicăieri. Dacă însă ar fi existat vreun mijloc prin care condițiile necesare selecției cumulative să fie îndeplinite de forțele oarbe ale naturii, stranii și minunate ar fi fost consecințele. De fapt, exact asta s-a întâmplat pe această planetă, iar noi înșine suntem unele dintre cele mai recente, dacă nu cele mai stranii și minunate consecințe.

Ar fi de mirare să considerați și acum calcule precum cel făcut pentru hemoglobină drept argumente *împotriva* teoriei lui Darwin. Cei care fac acest lucru, adesea experți în domeniul lor de activitate, astronomie sau orice altceva, par să creadă sincer că darwinismul explică organizarea lumii vii doar prin întâmplare – „selecția dintr-un pas". Opinia că evoluția darwinistă e „întâmplare" nu este doar falsă. Ea este exact opusul adevărului. Întâmplarea e un ingredient minor în rețeta darwinistă, însă cel mai important ingredient e selecția cumulativă, care e esențialmente nealeatoare.

Norii nu pot intra în selecția cumulativă. Nu există nici un mecanism prin care norii de anumite forme să poate genera nori-pui asemănători cu ei. Dacă ar exista un astfel de mecanism, dacă un nor asemănător cu o nevăstuică sau cu o cămilă ar putea da naștere unei serii de alți nori de forme asemănătoare, selecția cumulativă ar avea prilejul să acționeze. Desigur, norii se rup și formează nori „pui" uneori, dar nu e suficient pentru selecția cumulativă. Este de asemenea necesar ca „progenitura" oricărui nor să semene cu părintele mai mult decât cu orice alt „părinte" din vechea „populație". Acest aspect de o importanță capitală pare să fie greșit înțeles de unii filozofi care, în ultimii ani, au fost foarte interesați de teoria selecției naturale. Este în continuare necesar ca șansele unui nor de a supraviețui și de a se reproduce să depindă de forma sa. Poate că în vreo galaxie îndepărtată aceste condiții au fost îndeplinite și, ca urmare, dacă au trecut suficient de multe milioane de ani, s-au născut forme de viață eterice. Aceasta ar putea fi o bună poveste științifico-fantastică – s-ar putea numi *Norul alb* –, dar pentru scopurile noastre un model pe calculator cum e cel maimuță/Shakespeare este mai potrivit.

Deşi modelul maimuţă/Shakespeare e util pentru explicarea diferenţei dintre selecţia dintr-un singur pas şi selecţia cumulativă, el poate fi înţeles greşit în mai multe feluri. Unul dintre acestea e că, în fiecare generaţie de „reproducere" selectivă, frazele „progenituri" mutante sunt judecate conform criteriului asemănării cu o ţintă ideală îndepărtată, cu fraza METHINKS IT IS LIKE A WEASEL. Viaţa nu este aşa. Evoluţia nu are un scop pe termen lung. Nu există o ţintă cu bătaie lungă, nici un model perfect care să servească drept criteriu de selecţie, deşi orgoliul uman pune mare preţ pe ideea absurdă că specia noastră e scopul final al evoluţiei. În viaţa reală, criteriul de selecţie este întotdeauna pe termen scurt, fie că e vorba de supravieţuire, fie, mai general, de succesul reproductiv. Dacă, după eoni, privind retrospectiv, s-ar părea că a fost atinsă în cele din urmă o ţintă îndepărtată, aceasta e întotdeauna o consecinţă accidentală a numeroase generaţii de selecţie pe termen scurt. „Ceasornicarul" care e selecţia naturală cumulativă este orb faţă de viitor şi nu are vreun scop pe termen lung.

Putem schimba modelul nostru de pe calculator pentru a lua în considerare acest aspect. Putem de asemenea să-l facem mai realist în alte privinţe. Literele şi cuvintele sunt manifestări prin excelenţă umane, aşa încât e mai bine să facem desene pe calculator. Poate chiar vom vedea evoluând pe calculator, prin selecţia cumulativă a formelor mutante, forme asemănătoare cu animalele. Nu vom altera rezultatul pornind de la bun început cu imagini amintind de anumite animale. Vrem ca ele să apară doar ca rezultat al selecţiei cumulative a mutaţiilor întâmplătoare.

În viaţa reală, forma fiecărui individ animal e produsă prin dezvoltare embrionară. Evoluţia are loc deoarece în generaţii succesive există mici diferenţe în dezvoltarea embrionară. Aceste diferenţe apar datorită modificărilor (mutaţiile – acesta e micul element aleator în procesul despre care am vorbit) genelor care controlează dezvoltarea. În modelul nostru pe calculator trebuie deci să avem ceva echivalent cu dezvoltarea embrionară şi ceva echivalent cu genele care suferă mutaţia. Există mai multe moduri de a satisface aceste condiţii într-un model. Am ales unul şi am scris un program

care să le încorporeze. Voi prezenta acum modelul, deoarece cred că e instructiv. Dacă nu ştiţi nimic despre calculatoare, amintiţi-vă doar că sunt maşinării care fac exact ce li se spune, dar adesea surprind prin rezultate. Lista de instrucţiuni pentru calculator se numeşte program.

Dezvoltarea embrionară e mult prea complexă pentru a fi simulată în mod realist pe un calculator. Trebuie s-o reprezentăm printr-un analog simplificat. Să găsim o regulă de desenare la care calculatorul să se poată supune cu uşurinţă şi care să poată varia sub influenţa „genelor". Ce regulă de desenare să alegem? Manualele de informatică ilustrează adesea puterea a ceea ce ele numesc programare „recurentă" cu un procedeu simplu de *creştere a arborilor*. Calculatorul începe prin a desena o singură linie verticală. Apoi linia se bifurcă. Apoi fiecare ramură se bifurcă. Apoi fiecare dintre sub-ramuri se divide în sub-sub-ramuri şi aşa mai departe. Procedeul e „recurent" deoarece aceeaşi regulă (în acest caz ramificarea) se aplică local în întreg arborele care creşte. Nu contează cât de mult creşte arborele, aceeaşi regulă a ramificării se aplică în continuare la vârfurile tuturor crengilor sale.

„Adâncimea" recurenţei e dată de numărul sub-sub-... ramurilor cărora li se permite să crească înainte de oprirea procesului. Figura 2 arată ce se întâmplă când comandaţi calculatorului să se supună exact aceleiaşi reguli de desenare, dar cu diferite adâncimi ale recurenţei. La nivele mari de recurenţă, modelele devin destul de complicate, dar puteţi vedea cu uşurinţă în figura 2 că ele sunt totuşi produse prin aceeaşi metodă simplă a ramificării. Desigur, exact asta se întâmplă şi în cazul unui arbore adevărat. Modelul de ramificare al unui stejar sau al unui măr pare complicat, dar de fapt nu este. Regula de bază a ramificării e foarte simplă. Aceasta deoarece se aplică recurent la toate vârfurile ramurilor copacului – ramurile fac sub-ramuri, apoi fiecare sub-ramură face sub-sub-ramuri şi aşa mai departe –, iar întregul copac ajunge mare şi rămuros.

Ramificarea recurentă e o bună metaforă şi pentru dezvoltarea embrionară a plantelor şi animalelor în general. Nu vreau să spun că embrionii animalelor arată ca arborii care se ramifică. Dar toţi

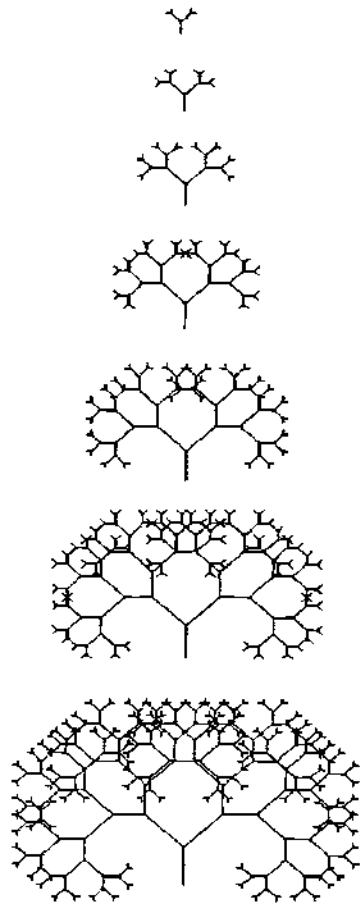


Figura 2

embrionii cresc prin diviziune celulară. Celulele se divid întotdeauna în câte două celule-fiică. Iar genele își exercită întotdeauna efectele finale în organisme prin intermediul influențelor locale asupra celulelor și prin tiparul de ramificare al diviziunii celulare. Genele unui animal nu sunt niciodată un proiect mare, un plan pentru întregul organism. Genele, după cum vom vedea, sunt o rețetă, nu un plan; în plus, sunt o rețetă care se supune nu embrionului în dezvoltare ca întreg, ci fiecărei celule sau fiecărui ansamblu local de celule în diviziune. Nu neg faptul că embrionul, și mai

târziu adultul, *are* o formă la scară mare. Dar această formă la scară mare *apare* datorită numeroaselor efecte celulare locale care acționează asupra organismului în dezvoltare, iar aceste efecte locale constau în primul rând în bifurcare, sub forma diviziunii celulare. Genele își exercită în cele din urmă influența asupra organismului adult prin influențarea acestor evenimente locale.

Regula simplă de ramificare pentru desenarea arborilor pare deci un analog promițător pentru dezvoltarea embrionară. Prin urmare, îi vom destina o mică procedură numită DEZVOLTARE și ne vom pregăti s-o încorporăm într-un program mai mare numit EVOLUȚIE. Ca prim pas către scrierea acestui mare program, să ne îndreptăm atenția spre gene. Cum vom reprezenta genele în modelul nostru de pe calculator? Genele din viața reală fac două lucruri. Influențează dezvoltarea și se transmit generațiilor următoare. Animalele și plantele reale au zeci de mii de gene, dar noi vom limita cu modestie numărul lor în modelul nostru la nouă. Fiecare dintre cele nouă gene e reprezentată simplu printr-un număr în calculator, care va fi numit valoare. Valoarea unei anumite gene poate fi, de pildă, 4 sau –7.

Cum vom face ca aceste gene să influențeze dezvoltarea? Ele pot face multe lucruri. Ideea de bază este că genele ar trebui să exercite o anumită influență cantitativă minoră asupra regulii de desenare numită DEZVOLTARE. De exemplu, o genă poate influența unghiul de ramificare, alta poate influența lungimea unei anumite ramuri. Alt lucru pe care îl fac genele este că influențează adâncimea recurenței, numărul de înmuguriri succesive. Am alocat acest efect genei nr. 9. Puteți privi deci figura 2 ca pe o imagine a șapte organisme înrudite, identice între ele, diferind doar în privința genei nr. 9. Nu voi insista asupra rolului fiecărei gene. Vă puteți face o idee generală despre acțiunea acestor gene studiind figura 3. În mijlocul imaginii este un arbore de referință, unul dintre cei prezentați în figura 2. În jurul acestui arbore central sunt alți opt arbori. Toți sunt identici cu cel central, cu excepția faptului că o genă, alta la fiecare dintre cei opt arbori, a fost modificată – a suferit o „mutație". De exemplu, imaginea din dreapta arborelui

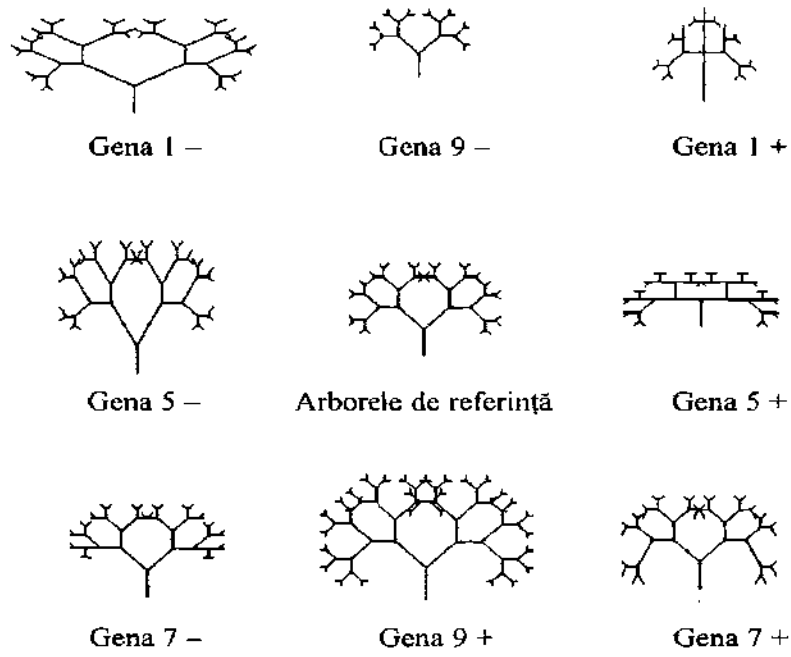


Figura 3

central arată ce se întâmplă când gena 5 suferă o mutaţie având +1 adăugat la valoarea sa. Dacă aş fi avut loc, mi-ar fi plăcut să tipăresc un inel cu 18 mutanţi în jurul arborelui central. Motivul pentru care aş dori 18 este că există nouă gene, fiecare putând suferi o mutaţie în direcţie „ascendentă" (1 adăugat la valoare) sau „descendentă" (1 scăzut din valoare). De aceea un inel din 18 arbori ar fi suficient pentru a reprezenta toţi mutanţii posibili dintr-un pas pe care îi puteţi deriva din arborele central.

Fiecare dintre aceşti arbori are propria sa „formulă genetică", valorile numerice ale celor nouă gene. Nu am scris formulele genetice pentru că ele în sine nu ar spune nimic cititorilor. Acelaşi lucru e valabil şi pentru genele reale. Genele încep să însemne ceva abia după ce sunt traduse, prin sinteza proteinelor, în reguli de creştere pentru embrionul în dezvoltare. Şi în modelul de pe calculator

valorile numerice ale celor nouă gene au semnificaţie doar dacă sunt traduse în reguli de creştere pentru tiparul de ramificare al arborelui. Vă puteţi însă face o idee asupra activităţii fiecărei gene *comparând* corpurile a două organisme despre care ştim că diferă doar în privinţa unei singure gene. Comparaţi, de exemplu, arborele de referinţă din mijlocul imaginii cu cei doi arbori aflaţi de o parte şi de alta şi veţi înţelege ce anume face gena nr. 5.

Geneticienii din viaţa reală fac exact acest lucru. Ei nu ştiu cum anume îşi exercită genele efecte asupra embrionilor. Şi nu cunosc nici formula genetică completă a vreunui animal. Dar, prin compararea corpurilor a două animale adulte despre care se ştie că *diferă* doar printr-o singură genă, ei pot vedea ce efecte are această genă. Lucrurile nu sunt însă atât de simple, fiindcă efectele genelor interacţionează între ele într-un mod mai complicat decât simpla însumare, ceea ce e valabil şi pentru arborii din calculator, după cum vom vedea mai jos.

Observaţi că toate structurile sunt simetrice în raport cu axa verticală. Aceasta e o constrângere pe care am impus-o procedurii DEZVOLTARE. Am făcut acest lucru în parte din motive estetice, în parte pentru a scădea numărul necesar de gene (dacă genele nu ar exercita efecte simetrice asupra celor două laturi ale arborelui, am avea nevoie de gene separate pentru partea dreaptă şi partea stângă) şi în parte fiindcă am sperat să evolueze forme asemănătoare animalelor, iar cele mai multe corpuri de animale sunt simetrice. Din acelaşi motiv, de acum încolo nu voi mai numi aceste creaturi „arbori", ci „corpuri" sau „biomorfe". Biomorfă e un nume găsit de Desmond Morris pentru formele vag animale din picturile sale suprarealiste. Aceste picturi ocupă un loc aparte în sufletul meu, fiindcă una din ele a fost reprodusă pe coperta primei mele cărţi. Desmond Morris susţine că biomorfele sale „evoluează" în mintea lui şi că evoluţia lor poate fi ilustrată prin picturi succesive.

Să ne întoarcem la biomorfele noastre din calculator şi la inelul celor 18 posibili mutanţi, dintre care opt apar în figura 3. Din moment ce fiecare membru al inelului se află la o distanţă de doar un pas mutaţional faţă de biomorfa centrală, e firesc să le numim

copii ai părintelui central. Avem un analog al REPRODUCERII, care, la fel ca DEZVOLTAREA, poate face obiectul unui mic program, pregătit să fie încorporat în marele nostru program numit EVOLUȚIE. Trebuie observate două lucruri privind REPRODUCEREA. Mai întâi, nu există sex; reproducerea e asexuată. Privesc biomorfele ca pe niște femele deoarece animalele asexuate precum afidele au aproape întotdeauna forme de femele. În al doilea rând, mutațiile mele au loc una câte una. Un copil diferă de părintele lui doar printr-o singură genă; mai mult, toate mutațiile apar prin adăugarea lui +1 sau −1 la valoarea genei parentale corespunzătoare. Acestea sunt doar convenții arbitrare: ele ar putea fi diferite, rămânând în continuare biologic realiste.

Acest lucru nu e valabil pentru următoarea trăsătură a modelului, care încorporează un principiu biologic fundamental. Forma fiecărui copil nu rezultă direct din forma părintelui. Fiecare copil își capătă forma din valorile celor nouă gene ale sale (care influențează unghiurile, distanțele și așa mai departe). Iar fiecare copil își primește cele nouă gene de la cele nouă gene ale părintelui. Exact la fel se întâmplă și în viața reală. Corpurile nu trec la generațiile următoare, genele însă o fac. Genele influențează dezvoltarea embrionară a corpului în care se află. Apoi aceste gene trec sau nu la următoarea generație. Natura genelor nu e afectată de participarea lor la dezvoltarea corporală, dar probabilitatea ca ele să fie transmise poate fi afectată de succesul corpului la crearea căruia au participat. De aceea în modelul de pe calculator e important ca cele două proceduri numite DEZVOLTARE și REPRODUCERE să fie scrise ca două compartimente reciproc impermeabile. Ele sunt impermeabile cu excepția faptului că REPRODUCEREA transmite valorile genelor către DEZVOLTARE, unde acestea influențează regulile de creștere. Esențial e că DEZVOLTAREA nu transmite valorile genelor înapoi la REPRODUCERE – ar fi un echivalent al „lamarckismului" (vezi capitolul 11).

Am asamblat deci cele două module de program, numite DEZVOLTARE și REPRODUCERE. REPRODUCEREA transmite gene de la o generație la alta, cu posibilitatea mutațiilor. DEZVOLTAREA

ia genele oferite de REPRODUCERE la fiecare generaţie şi traduce aceste gene printr-un desen, deci printr-o imagine a corpului pe ecranul calculatorului. E momentul să introducem cele două module în marele program numit EVOLUŢIE.

EVOLUŢIA constă în principiu în repetarea la nesfârşit a REPRODUCERII. La fiecare generaţie, REPRODUCEREA ia genele pe care i le oferă generaţia precedentă şi le transmite generaţiei următoare, dar cu mici erori aleatoare – mutaţiile. O mutaţie constă doar în adăugarea lui +1 sau –1 la valoarea unei gene alese la întâmplare. Aceasta înseamnă că, pe măsură ce generaţiile se succedă, cantitatea totală de diferenţă genetică faţă de strămoşul iniţial poate deveni foarte mare, cumulativ, prin paşi mici făcuţi unul câte unul. Dar, deşi mutaţiile sunt aleatoare, transformarea cumulativă de-a lungul generaţiilor nu e aleatoare. Progenitura fiecărei generaţii e diferită de părintele său în direcţii aleatoare. Selectarea acelei progenituri care va merge mai departe în generaţia următoare nu e însă aleatoare. Aici intervine selecţia darwinistă. Criteriul de selecţie nu sunt genele în sine, ci corpurile a căror formă e influenţată de gene prin DEZVOLTARE.

În afara faptului că sunt REPRODUSE, genele fiecărei generaţii sunt de asemenea oferite către DEZVOLTARE, care face să crească corpul corespunzător pe ecran, urmându-şi propriile reguli stricte. În fiecare generaţie apare un întreg „cârd" de „copii" (adică indivizi ai generaţiei următoare). Toţi aceşti copii sunt copii mutanţi ai aceluiaşi părinte, diferind de părinte în privinţa unei singure gene. Acest ritm foarte rapid al mutaţiilor e o trăsătură distinctă nebiologică a modelului de pe calculator. În viaţa reală probabilitatea ca o genă să sufere o mutaţie e adesea mai mică de unu la un milion. Motivul introducerii unui ritm ridicat al mutaţiilor în model este acela că spectacolul de pe ecranul calculatorului e destinat ochilor umani, iar oamenii nu au răbdare să aştepte un milion de generaţii pentru o mutaţie!

Ochiul uman are un rol activ în povestea noastră. Este agentul selecţiei. El supraveghează mulţimea de progenituri şi alege una pentru reproducere. Cea aleasă devine apoi părintele următoarei

generații și o mulțime de copii mutanți *ai acesteia* apar simultan pe ecran. Ochiul uman face aici exact ceea ce face în cazul creșterii câinilor de rasă sau al cultivării trandafirilor de competiție. Cu alte cuvinte, modelul nostru e un model al selecției artificiale, nu al selecției naturale. Criteriul de „succes" nu e criteriul direct al supraviețuirii, așa cum se întâmplă în selecția naturală. În adevărata selecție naturală, dacă un corp are ceea ce îi trebuie pentru a supraviețui, genele lui supraviețuiesc automat pentru că se află în interiorul lui. Așa încât genele care supraviețuiesc tind să fie, automat, acele gene care conferă corpurilor însușirile care le ajută să supraviețuiască. Pe de altă parte, în modelul de pe calculator criteriul de selecție nu e supraviețuirea, ci capacitatea de a fi pe placul ochiului uman. Nu e neapărat un ochi leneș care privește la întâmplare, căci vom selecta sistematic anumite trăsături precum „asemănarea cu o salcie plângătoare". Totuși, din experiența mea, pot spune că selectorul uman e cel mai adesea capricios și oportunist. Nici în această privință nu există o diferență prea mare față de anumite tipuri de selecție naturală.

Omul îi spune calculatorului care dintre progeniturile din generația curentă e aleasă pentru reproducere. Genele celei alese sunt transmise prin REPRODUCERE și astfel începe o nouă generație. Acest proces, la fel ca evoluția din viața reală, continuă la nesfârșit. Fiecare generație de biomorfe se află la doar un singur pas mutațional distanță față de predecesoarea ei și față de succesoarea ei. Dar, după 100 de generații de EVOLUȚIE, biomorfele se pot afla oriunde în limita a 100 de pași mutaționali față de strămoșul lor inițial. Iar în 100 de pași mutaționali se pot întâmpla multe.

Nici nu mi-am închipuit *cât* de multe atunci când am început să mă joc cu noul meu program EVOLUȚIE. Lucrul care m-a surprins cel mai mult a fost acela că biomorfele pot înceta foarte repede să mai semene cu niște copaci. Structura fundamentală de bifurcare e în continuare prezentă, dar imediat eclipsată pe măsură ce liniile se intersectează repetat, creînd mase solide de culoare (doar alb și negru în imaginile tipărite). Figura 4 ne prezintă o poveste evoluționistă constând doar din 7 de generații. Strămoșul e o creatură

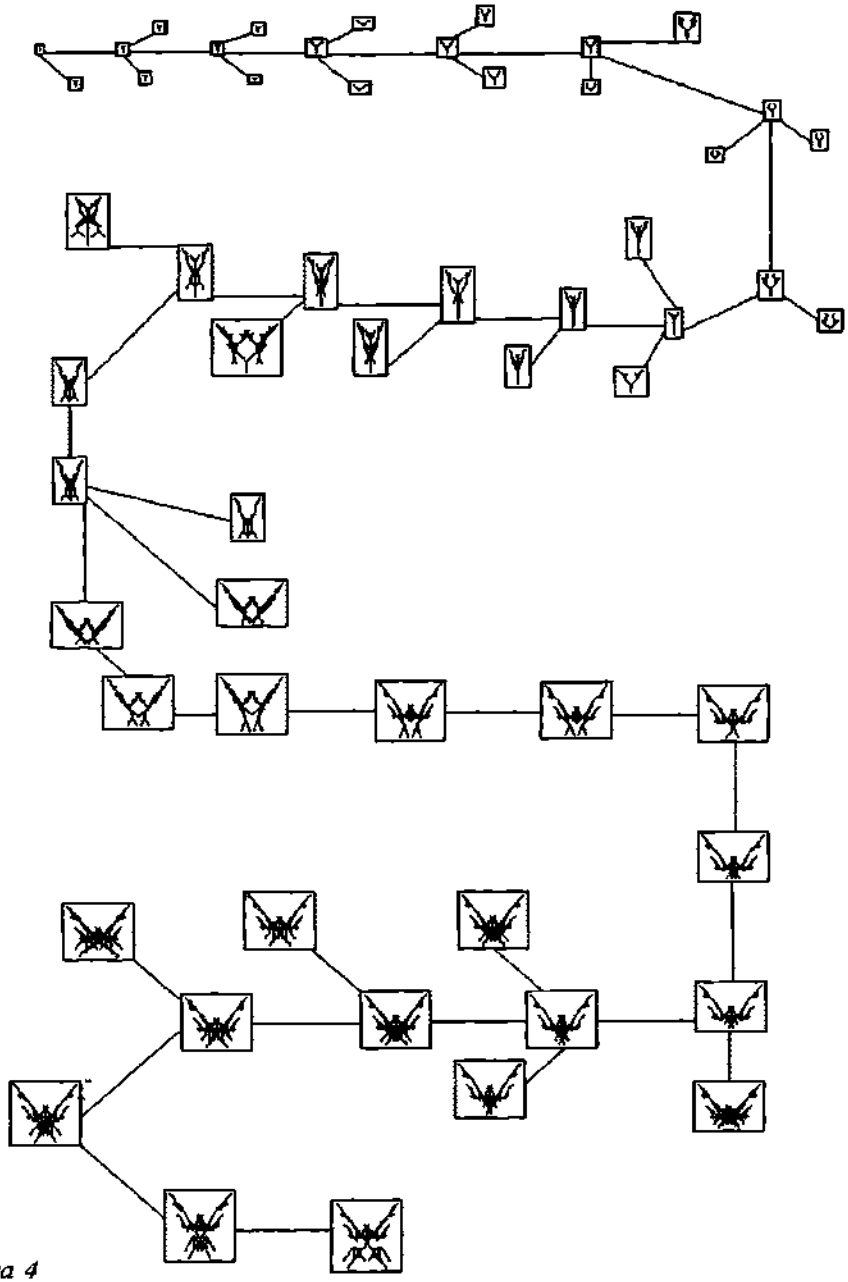


Figura 4

minusculă, un singur punct. Deși corpul strămoșului este un punct, ca o bacterie din mlaștina paleozoică, înăuntrul lui se află ascuns potențialul de ramificare exact după tiparul arborelui central din figura 3: doar că gena 9 îi spune să se ramifice de 0 ori! Toate creaturile din imagine sunt descendenții punctului, dar, pentru a evita aglomerarea paginii, nu am tipărit toți descendenții pe care i-am văzut. I-am inclus doar pe cei mai reușiți copii ai fiecărei generații (adică pe părinții următoarei generații) și pe una sau două dintre surorile nenorocoase. Imaginea prezintă deci în general doar principala linie de evoluție, călăuzită de selecția mea estetică. Sunt ilustrate toate etapele liniei principale.

Să trecem pe scurt în revistă primele câteva generații ale liniei principale de evoluție din figura 4. Punctul devine un Y în generația 2. În următoarele două generații, Y-ul devine mai mare. Apoi ramurile se curbează ușor, ca o praștie. În generația 7, curba se accentuează, așa încât cele două ramuri aproape se întâlnesc. Ramurile curbate cresc, iar fiecare din ele capătă un mic apendice în generația 8. În generația 9 aceste apendice se pierd din nou și tulpina praștiei devine mai lungă. Generația 10 arată ca o secțiune printr-o floare; ramurile laterale curbate seamănă cu niște petale care înconjoară apendicele central, sau „stigma". În generația 11, aceeași formă de „floare" devine mai mare și puțin mai complicată.

Nu voi continua povestea. Imaginea vorbește de la sine, în cursul tuturor celor 29 de generații. Observați cum fiecare generație e doar puțin diferită de părinții și surorile ei. Din moment ce fiecare individ e puțin diferit față de părinți, este de așteptat să fie ceva mai diferit față de bunici (și de nepoți) și încă mai diferit față de străbunici (și de stră-nepoți). Aceasta e în esență selecția *cumulativă*, cu amendamentul că ritmul ridicat al mutațiilor o accelerează nerealist. Din acest punctiv, figura 4 arată ca un arbore genealogic mai curând al *speciilor* decât al indivizilor, dar principiul e același.

Când am scris acest program nu m-am gândit că va conduce decât la evoluția unei diversități de forme de tipul arborilor. Am sperat să obțin sălcii plângătoare, cedri de Liban, plopi tremurători

tori, alge marine, poate chiar coarne de cerb. Nimic din intuiția mea de biolog, nimic din cei 20 de ani de experiență în programare și nimic din cele mai îndrăznețe visuri ale mele nu mă pregătise pentru ce a apărut pe ecran. Nu-mi amintesc când anume mi-am dat seama că ar putea apărea ceva asemănător cu o insectă. Având o vagă bănuială, am început să reproduc, generație după generație, ceva ce semăna tot mai mult cu o insectă. Stupoarea mea creștea pe măsură ce asemănarea se accentua. Rezultatul final e prezentat în partea de jos a figurii 4. După cum se vede, are opt picioare, ca păianjenii, nu șase, cum au insectele, dar ce contează! Retrăiesc și acum satisfacția pe care am simțit-o când am văzut pentru prima dată aceste creaturi desăvârșite apărând în fața ochilor mei. Am auzit clar în minte acordurile triumfale cu care începe *Așa grăit-a Zarathustra* de Richard Strauss. N-am mai putut mânca, iar în acea noapte insectele „mele" mi-au roit în spatele pleoapelor pe când încercam să adorm.

Există pe piață jocuri pentru calculator în care ai senzația că rătăcești printr-un labirint subteran cu o geografie complexă și precisă, în care întâlnești dragoni, minotauri și alți adversari mitologici. În aceste jocuri monștrii sunt relativ puțin numeroși. Toți sunt proiectați de un programator uman, la fel ca geografia labirintului. În jocul evoluției, indiferent dacă e vorba de versiunea pentru calculator sau de cea reală, jucătorul (sau observatorul) obține aceeași senzație de rătăcire metaforică printr-un labirint cu drumuri care se bifurcă, însă numărul cărărilor posibile e infinit, iar monștrii întâlniți nu sunt proiectați și sunt imprevizibili. În peregrinările mele prin Țara Biomorfelor am întâlnit spiriduși, temple aztece, ferestre de catedrale gotice, desene aborigene reprezentând canguri, iar într-o unică și memorabilă ocazie o caricatură acceptabilă a profesorului de logică Wykeham*. Figura 5 e o altă colecție din camera trofeelor mele, toate obținute în mod asemănător. Aș vrea

* William of Wykeham (1320–1404): episcop de Winchester, fondator al Winchester College și al New College de la Oxford; a construit o mare parte a Castelului Windsor. (*N. t.*)

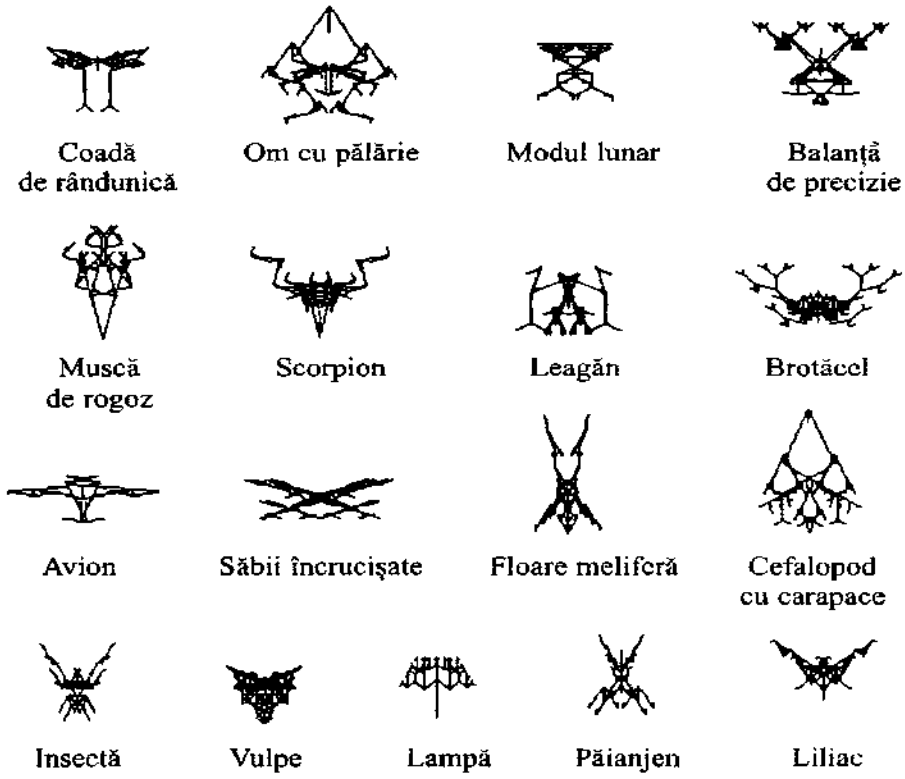


Figura 5

să subliniez că aceste forme nu sunt imagini artistice. Ele nu au fost retușate în vreun fel. Sunt exact așa cum le-a desenat calculatorul când au evoluat în el. Rolul ochiului uman s-a limitat la a *selecta* progeniturile care au suferit mutații aleatoare în cursul mai multor generații de evoluție cumulativă.

Avem acum un model mult mai realist al evoluției decât cel al maimuțelor care băteau la mașina de scris operele lui Shakespeare. Modelul biomorfelor are însă un neajuns. El ne demonstrează capacitatea selecției cumulative de a genera o varietate aproape infinită de forme cvasibiologice, dar folosește selecția artificială, nu selecția naturală. Ochiul uman e cel care face selecția. Ne putem

oare dispensa de ochiul uman şi programa calculatorul pentru a face selecţia pe baza unui criteriu biologic real? Lucrul acesta e mai dificil decât pare şi trebuie explicat de ce.

E foarte uşor să selectăm o anumită formulă genetică dacă putem citi harta genetică a tuturor animalelor. Selecţia naturală însă nu alege genele direct, ea alege *efectele* pe care le au genele asupra corpurilor, numite efecte fenotipice. Ochiul uman e potrivit pentru alegerea efectelor fenotipice, lucru ilustrat de numeroasele rase de câini, vite şi porumbei şi, aş îndrăzni să spun, de figura 5. Pentru a înzestra calculatorul cu capacitatea de a alege direct efectele fenotipice, trebuie să scriem un program foarte complicat de recunoaştere a tiparelor. Există programe de recunoaştere a tiparelor. Ele sunt folosite pentru a citi texte tipărite, ba chiar şi manuscrise. Sunt însă programe dificile, care necesită calculatoare foarte mari şi rapide. Chiar dacă asemenea programe de recunoaştere a tiparelor nu ar depăşi cunoştinţele mele de informatică şi capacitatea calculatorului meu de 64 de kilobyţi, tot nu mi-aş pierde vremea cu ele. Sarcina e dusă mai bine la îndeplinire de ochiul uman împreună cu – iar acesta e lucrul cel mai important – calculatorul de 10 giganeuroni din interiorul craniului.

Nu ar fi prea greu să programăm calculatorul pentru a selecta unele trăsături generale vagi, de pildă înălţimea-subţirimea, scurtimea-grosimea, poate şi curbarea, ascuţimea, ba chiar şi ornamentaţia rococo. O metodă ar fi să programăm calculatorul pentru a ţine minte acele *tipuri* de însuşiri pe care oamenii le-au favorizat şi pentru a continua în viitor selectarea aceluiaşi tip general de însuşiri. Dar nici în felul acesta nu ne apropiem mai mult de simularea selecţiei *naturale*. Trebuie să subliniem că natura nu are nevoie de putere de calcul pentru a selecta, cu excepţia unor cazuri particulare, ca acela al păunilor care îşi aleg păunii. În natură, agentul selector e de regulă direct, implacabil şi simplu. Este doamna cu coasa. Desigur, *cauzele* supravieţuirii nu sunt deloc simple – iată de ce selecţia naturală poate făuri animale şi plante de o complexitate formidabilă. Moartea are însă ceva tranşant şi

simplu. Iar moartea nealeatoare e cea care selectează fenotipurile în natură, deci şi genele pe care acestea le conţin.

Pentru a simula pe calculator selecţia naturală într-un mod interesant, trebuie să uităm de ornamentaţia rococo şi de alte atribute vizuale particulare. Trebuie să ne concentrăm în schimb asupra simulării morţii nealeatoare. Biomorfele trebuie să interacţioneze în calculator cu simularea unui mediu ostil. Ceva legat de forma lor ar trebui să hotărască dacă ele vor supravieţui sau nu în acel mediu. În mod ideal, un mediu ostil ar conţine şi alte biomorfe în evoluţie: „prădători", „prăzi", „paraziţi", „concurenţi". Forma particulară a unei biomorfe-pradă ar trebui să determine, de pildă, cât de vulnerabilă e faţă de anumite forme de biomorfă-prădător. Asemenea criterii de vulnerabilitate nu trebuie incluse de programator. Ele trebuie să *apară*, aşa cum formele însele apar. Abia atunci evoluţia ar începe cu adevărat pe calculator, pentru că ar fi întrunite condiţiile unei „curse a înarmărilor" care se autoîntreţine (vezi capitolul 7), şi nu îndrăznesc să anticipez unde s-ar opri. Din păcate, cred că e peste puterile mele de programator să construiesc o asemenea lume virtuală.

Dacă există oameni suficient de înzestraţi pentru a face acest lucru, ei sunt programatorii care inventează acele populare şi gălăgioase jocuri de genul Space Invaders. În aceste jocuri e simulată o lume virtuală. Are o geografie, adesea tridimensională, şi o dimensiune a timpului care se scurge repede. Entităţile se plimbă prin spaţiul tridimensional simulat, ciocnindu-se unele de altele, împuşcându-se unele pe altele, înghiţindu-se unele pe altele în tumultul unor zgomote asurzitoare. Simularea poate fi atât de bună, încât cel care manevrează joystick-ul are iluzia că face parte din această lume virtuală. Culmea acestor jocuri bănuiesc că e atinsă de simulatoarele folosite pentru antrenamentul piloţilor de avioane sau de nave spaţiale. Însă chiar şi aceste programe sunt banale faţă de programul care ar trebui scris pentru a simula o cursă a înarmărilor între prădători şi prăzi, integrată într-un ecosistem complet, virtual. În mod sigur se poate face. Dacă există undeva

un programator profesionist care se simte în stare să accepte provocarea, voi afla cu siguranță.

Între timp, există un lucru mult mai simplu pe care intenționez să-l fac la vară. Voi așeza calculatorul într-un loc umbros din grădină. Îl voi conecta la un ecran color. Am deja o versiune a programului care folosește câteva „gene" în plus pentru a controla culoarea, la fel cum celelalte nouă gene controlează forma. Voi începe cu biomorfe mai mult sau mai puțin compacte și viu colorate. Calculatorul va afișa automat un șir de progenituri mutante ale biomorfelor, care vor diferi prin formă și/sau culoare de acestea. Cred că albinele, fluturii și alte insecte vor vizita ecranul și vor „alege" ciocnindu-se de anumite puncte de pe ecran. Când se va fi adunat un anumit număr de alegeri, calculatorul va șterge ecranul, va „reproduce" biomorfa preferată și va afișa noua generație de progenituri mutante.

Nutresc speranța că, după un număr mare de generații, insectele sălbatice vor genera pe calculator o evoluție către flori. Dacă așa vor sta lucrurile, florile din calculator vor evolua sub exact aceeași presiune a selecției care duce la evoluția florilor în sălbăticie. Speranța mea e întărită de faptul că insectele vizitează adesea petele viu colorate de pe rochiile femeilor (conform unor experimente mai sistematice care au fost publicate). O altă posibilitate, pe care o găsesc și mai incitantă, este aceea ca insectele sălbatice să provoace evoluția unor forme asemănătoare insectelor. Precedentul în această privință – și temeiul speranței mele – ține de faptul că în trecut albinele au provocat evoluția orhideelor-albine. Albinele masculi, după multe generații de evoluție cumulativă a orhideelor, au construit o formă asemănătoare cu o albină în încercarea de a copula cu florile, de aici rezultând transportarea polenului. Imaginați-vă „floarea meliferă" din figura 5 în culori. Nu v-ar plăcea dacă ați fi albină?

Motivul cel mai important de pesimism e acela că văzul albinelor funcționează diferit de al nostru. Ecranele video sunt proiectate pentru ochii umani, nu pentru cei ai albinelor. Aceasta ar putea însemna că, deși atât noi, cât și albinele vedem, în felurile noastre

foarte diferite, că orhideele-albine au formă de albină, albinele ar putea să nu vadă deloc imaginile de pe ecran. S-ar putea ca albinele să nu vadă decât 625 de linii de baleiaj! Și totuși merită încercat. Atunci când va apărea această carte, voi cunoaște răspunsul.

Există un clișeu popular, de regulă exprimat în nuanțe pe care scriitorul satiric Stephen Potter le-ar numi „fâsâite", care spune că nu poți obține de la un calculator mai mult decât ai introdus în el. Altă versiune afirmă că un calculator face exact ce-i spui, fiind prin urmare necreator. Clișeul e adevărat doar într-un sens îngrozitor de banal, acela în care Shakespeare nu a scris nimic în afară de ce l-a învățat primul lui profesor – cuvinte. Am programat EVOLUȚIA pe calculator, dar nu mi-am planificat insectele, nici scorpionul, nici avionul, nici modulul lunar. N-am avut nici cea mai vagă idee dacă vor lua naștere, asta în cazul în care „a lua naștere" e expresia potrivită. E adevărat, ochii mei au făcut selecția care le-a călăuzit evoluția, dar în fiecare etapă am fost limitat la un mic grup de progenituri oferit de mutația aleatoare, iar „strategia" mea de selecție a fost oportunistă, capricioasă și pe termen scurt. Nu am avut nici o țintă îndepărtată, așa cum nu are nici selecția naturală.

Într-un rând însă, am avut *într-adevăr* în vedere un scop îndepărtat. Trebuie mai întâi să vă mărturisesc ceva. Ați fi ghicit oricum. Povestea evoluționistă din figura 4 e o reconstituire. Nu era prima oară când „îmi" vedeam insectele. Când au apărut pentru prima dată în acorduri triumfale, nu am avut cum să le înregistrez genele. Erau acolo, pe ecranul calculatorului, iar eu nu puteam ajunge la ele, nu le puteam descifra genele. Am tot amânat închiderea calculatorului în timp ce îmi storceam creierii încercând să găsesc o modalitate de a le salva, dar nu am găsit nici una. Genele erau mult prea adânc îngropate, așa cum sunt și în viața reală. Aș fi putut să printez imaginile cu corpurile insectelor, dar le pierdusem genele. Am modificat imediat programul așa încât pe viitor să păstrez formula genetică, dar era prea târziu. Îmi pierdusem insectele.

Am încercat să le „găsesc" din nou. Evoluaseră o dată, deci părea posibil să evolueze din nou. La fel ca acordurile pierdute,

insectele mă bântuiau. Am rătăcit prin Ţara Biomorfelor, printr-un ţinut nesfârşit plin de creaturi şi obiecte bizare, dar nu mi-am găsit insectele. Ştiam că stau pe undeva la pândă. Cunoşteam genele de la care începuse evoluţia. Aveam o imagine a corpurilor insectelor mele. Aveam chiar şi o imagine a şirului evolutiv al corpurilor care ducea treptat la insecte, pornind de la strămoşul punct. Dar nu le cunoşteam formula genetică.

Aţi putea crede că mi-a fost uşor să reconstitui calea evolutivă, dar lucrurile nu au stat deloc aşa. Motivul, la care mă voi întoarce mai târziu, este numărul astronomic al biomorfelor posibile pe care le poate oferi un drum evolutiv suficient de lung, chiar dacă avem doar nouă gene care pot varia. De câteva ori de-a lungul pelerinajului meu prin Ţara Biomorfelor mi s-a părut că mă apropii de un predecesor al insectelor mele, însă, în ciuda tuturor eforturilor mele de agent selector, evoluţia a urmat ceea ce s-a dovedit a fi o pistă falsă. În cele din urmă, tot rătăcind prin Ţara Biomorfelor -- senzaţia de triumf scăzuse faţă de prima dată –, le-am generat din nou. Nu ştiam (şi încă nu ştiu) dacă aceste insecte erau exact la fel ca originalul meu, insectele care au declanşat *Aşa grăit-a Zarathustra*, sau erau superficial „convergente" (vezi capitolul următor), dar era bine şi aşa. De data asta nu am mai făcut nici o greşeală: am scris formula genetică, iar acum pot „evolua" insecte ori de câte ori vreau.

E adevărat că am dat poveştii un caracter dramatic, dar trebuie subliniat un lucru. Chiar dacă eu am programat calculatorul, spunându-i în detaliu ce să facă, nu eu am planificat animalele care au evoluat şi am fost surprins de ele atunci când le-am văzut pentru prima oară predecesorii. Atât de neputincios am fost în controlarea acelei evoluţii, încât, chiar şi atunci când mi-am dorit să reconstitui un anumit drum evolutiv, s-a dovedit aproape imposibil. Nu cred că mi-aş mai fi găsit vreodată insectele dacă nu aş fi avut o imagine printată a setului complet al predecesorilor în evoluţie, dar chiar şi aşa a fost dificil şi obositor. Oare neputinţa programatorului de a controla sau prezice cursul evoluţiei pe calculator e paradoxală? Înseamnă oare că în calculator se întâmplă ceva misterios, chiar

mistic? Evident că nu. Nici în evoluţia animalelor şi plantelor reale nu s-a petrecut ceva mistic. Putem folosi modelul de pe calculator pentru a lămuri paradoxul şi pentru a înţelege ceva despre evoluţia reală.

Anticipând puţin, iată în ce fel se lămureşte paradoxul. Avem un set de biomorfe, fiecare culocul ei permanent bine determinat într-un spaţiu matematic. Se află permanent în acel loc în sensul că, dacă i se cunoaşte formula genetică, poate fi găsită imediat; mai mult, vecinii săi din acel tip aparte de spaţiu sunt biomorfe care diferă de ea doar printr-osingură genă. Odată ce cunosc formula genetică a insectelor mele, le pot reproduce oricând şi pot comanda calculatorului să le „evolueze" pornind din orice punct. Când faceţi să evolueze pentru prima dată o creatură prin selecţie artificială în modelul de pe calculator, pare a fi un proces de creaţie. Aşa şi este. Dar ceea ce faceţi de fapt este să *găsiţi* creatura, pentru că aceasta, în sens matematic, se află deja la locul ei în spaţiul genetic al Ţării Biomorfelor. Etotuşi un veritabil proces de creaţie, din moment ce e foarte greu să găseşti o anumită creatură, pur şi simplu fiindcă Ţara Biomorfelor e extrem de mare, iar numărul total al creaturilor care se află acolo e practic infinit. Nu trebuie căutat la întâmplare. Trebuie adoptat un procedeu de căutare mai eficient – un procedeu creator.

Unii îşi închipuie că acele calculatoare care joacă şah funcţionează prin încercarea tuturor combinaţiilor posibile în mutările de şah. Ei se consolează cu această idee atunci când sunt bătuţi de calculator, dar ea e profund greşită. Sunt mult prea multe mutări de şah posibile: spaţiul de cercetat este de miliarde de ori prea mare pentru a permite încercări oarbe în vederea reuşitei. Arta de a scrie un program de şah bun stă în a concepe scurtături eficiente prin spaţiul de cercetat. Selecţia cumulativă, fie că e vorba de selecţia artificială, ca în modelul de pe calculator, sau de selecţia naturală din lumea reală, e o procedură de căutare eficientă, iar consecinţele ei ne duc cu gândul la inteligenţa creatoare. La asta se referă în fond Argumentul Proiectului al lui William Paley. Tehnic vorbind, când jucăm pe calculator jocul biomorfelor, tot ce facem e să găsim

animale care, în sens matematic, aşteaptă să fie găsite. Senzaţia noastră e că avem de-a face cu un proces de creaţie artistică. Căutarea într-un spaţiu mic, populat numai de câteva entităţi, nu pare un proces creator. Un joc de copii de genul „cald şi rece" nu pare creator. A scotoci la întâmplare în speranţa că dai peste obiectul căutat are de regulă sens dacă spaţiul de cercetat e mic. Pe măsură ce spaţiul de cercetat creşte, e nevoie de proceduri de căutare din ce în ce mai sofisticate. Când spaţiul de cercetat e *suficient* de mare, procedurile de căutare nu mai pot fi deosebite de creativitatea veritabilă.

Modelele biomorfelor de pe calculator ilustrează din plin acest lucru şi constituie o punte instructivă între procesele creatoare umane, cum ar fi planificarea unei strategii câştigătoare la şah, şi creativitatea evolutivă a selecţiei naturale, ceasornicarul orb. Pentru a înţelege acest lucru, trebuie să privim Ţara Biomorfelor ca pe un „spaţiu" matematic, un peisaj nesfârşit, dar ordonat, de varietăţi morfologice, unde fiecare creatură stă la locul potrivit, aşteptând să fie descoperită. Cele 17 creaturi ale figurii 5 nu sunt aranjate într-o ordine precisă în pagină. Dar în Ţara Biomorfelor fiecare dintre ele ocupă o poziţie unică, determinată de formula genetică, şi e înconjurată de propriii ei vecini. Toate creaturile din Ţara Biomorfelor sunt legate între ele prin relaţii spaţiale precise. Ce înseamnă acest lucru? Ce semnificaţie putem da poziţiei spaţiale?

Spaţiul despre care vorbim e spaţiul genetic. Fiecare animal îşi are propria lui poziţie în spaţiul genetic. Vecinii imediaţi din spaţiul genetic sunt animale care diferă între ele printr-o singură mutaţie. În figura 3, arborele central e înconjurat de 8 dintre cei 18 vecini imediaţi din spaţiul genetic. Cei 18 vecini ai unui animal sunt 18 tipuri diferite de copii cărora le poate da naştere şi 18 tipuri de părinţi din care poate proveni, date fiind regulile modelului de pe calculator. La o nouă mutaţie, fiecare animal are 324 (18×18, ignorând, pentru simplificare, mutaţiile care îl readuc în aceeaşi poziţie) de vecini, mulţimea de posibili nepoţi, bunici, mătuşi şi nepoţi. La încă o mutaţie, fiecare animal are 5 832 ($18 \times 18 \times 18$) de vecini, mulţimea de posibili strănepoţi, străbunici, veri primari etc.

Ce rost are să gândim în termenii spațiului genetic? Unde ne poate duce? Răspunsul este că el ne oferă o cale de a înțelege evoluția ca pe un proces treptat, cumulativ. În fiecare generație, conform regulilor modelului de pe calculator, putem face doar un singur pas prin spațiul genetic. În 29 de generații nu putem să ne deplasăm la o distanță mai mare de 29 de pași, în spațiul genetic, față de strămoșul inițial. Fiecare istorie evolutivă are un drum anume, o traiectorie prin spațiul genetic. De exemplu, povestea evolutivă prezentată în figura 4 e o traiectorie particulară prin spațiul genetic, care leagă un punct de o insectă și care trece prin 28 de etape intermediare. Asta am vrut să spun când am vorbit despre „peregrinarea" mea prin Țara Biomorfelor.

Am vrut să reprezint acest spațiu genetic sub forma unei imagini. Problema e că imaginile sunt bidimensionale. Spațiul genetic în care se află biomorfele nu e un spațiu bidimensional. Nu e nici măcar tridimensional. E nonadimensional! (Matematica nu trebuie să ne înspăimânte. Nu e chiar atât de grea pe cât pretind uneori slujitorii ei. De câteori mă simt intimidat, îmi amintesc spusele lui Silvanus Thompson din *Analiza matematică pe înțelesul tuturor*: „Ce poate face un prost, poate și altul.") Dacă am putea desena în nouă dimensiuni, fiecare dimensiune ar corespunde câte unei gene din cele nouă. Poziția unui anumit animal, de pildă a unui scorpion, a unui liliac sau a unei insecte, e fixată în spațiul genetic prin valorile numerice ale celor nouă gene ale sale. Transformarea evolutivă constă într-un drum pas cu pas prin spațiul nonadimensional. Cantitatea de diferență genetică dintre un animal și altul – și în consecință timpul necesar pentru a evolua de la unul la altul – se măsoară prin *distanța* din spațiul nonadimensional dintre cele două animale.

Din păcate însă nu putem desena în nouă dimensiuni. M-am gândit la un fel de a simula acest lucru prin desenarea unei imagini bidimensionale care ne dă o idee despre cum ar fi să ne mișcăm dintr-un punct în altul în spațiul nonadimensional al Țării Biomorfelor. Există mai multe moduri în care putem face acest lucru, iar eu am ales unul pe care l-am numit metoda triunghiului. Priviți

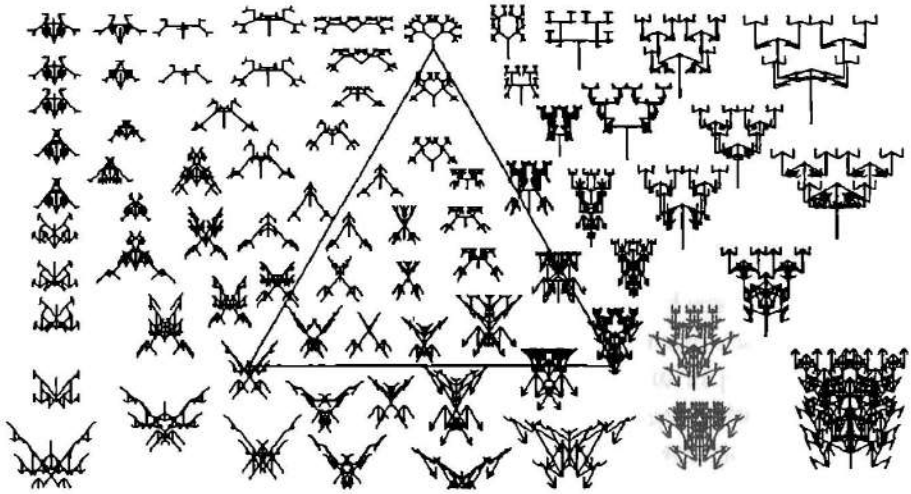


Figura 6

figura 6. În cele trei colțuri ale triunghiului sunt trei biomorfe alese arbitrar. Cea din vârf e arborele de referință, cea din stânga e una dintre insectele „mele", iar cea din dreapta nu are nume, dar mi se pare că arată drăguț. Ca toate biomorfele, fiecare dintre acești arbori are propria sa formulă genetică ce îi determină poziția unică din spațiul genetic nonadimensional.

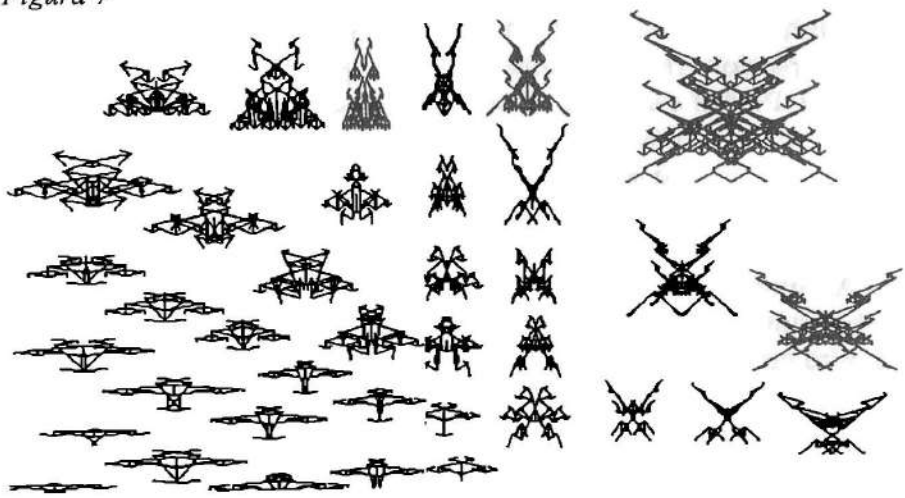
Triunghiul se află într-un „plan" bidimensional care intersectează hipervolumul nonadimensional (ce poate face un prost, poate și altul). Planul e ca o placă de sticlă prinsă într-un jeleu. Pe sticlă sunt desenate triunghiul și unele biomorfe a căror formulă genetică le îndreptățește să se afle în acel plan. Ce anume le îndreptățește? Aici intervin biomorfele din cele trei colțuri ale triunghiului. Ele sunt numite biomorfe-ancoră.

Amintiți-vă că ideea de „distanță" în „spațiul" genetic este aceea că biomorfele asemănătoare genetic sunt vecini apropiați, iar cele diferite genetic sunt vecini îndepărtați. În acest plan particular toate distanțele sunt calculate în raport cu cele trei biomorfe-ancoră. Pentru fiecare punct dat de pe planul de sticlă, din interiorul sau din afara triunghiului, formula genetică corespunzătoare acelui

punct se calculează ca o „medie ponderată" a formulelor genetice ale celor trei biomorfe-ancoră. Veți fi ghicit deja probabil cum se face media. Ea e dată de distanțele din pagină, mai bine zis *apropierile*, de la punctul în discuție până la cele trei biomorfe-ancoră. Prin urmare, cu cât suntem mai aproape de insecta din plan, cu atât biomorfele din vecinătate au în mai mare măsură formă de insectă. Când ne deplasăm pe sticlă spre arbore, „insectele" au în tot mai mică măsură formă de insectă și în tot mai mare măsură formă de arbore. Dacă mergeți spre centrul triunghiului, animalele pe care le veți găsi acolo, de pildă păianjenul ca un candelabru evreiesc cu șapte brațe pe cap, vor fi diferite „compromisuri genetice" între cele trei biomorfe-ancoră.

Dar această perspectivă dă prea mare importanță celor trei biomorfe-ancoră. Evident, calculatorul le-a folosit pentru a determina formula genetică pentru fiecare punct din tablou. Dar de fapt oricare trei puncte-ancoră din plan ar fi făcut operația la fel de bine și ar fi dat rezultate identice. Din acest motiv, în figura 7 nu am desenat un triunghi. Figura 7 este exact de același tip ca figura 6, doar că prezintă un alt plan. Aceeași insectă este unul dintre cele trei puncte-ancoră, de data aceasta cel din dreapta. Celelalte

Figura 7



puncte-ancoră, în acest caz, sunt avionul și floarea meliferă, ambele fiind reprezentate în figura 5. Și în acest plan veți observa că biomorfele învecinate seamănă mai mult între ele decât cu cele îndepărtate. Avionul, de pildă, face parte dintr-un escadron asemănător, care zboară în formație. Dat fiind că insecta se află pe ambele plăci de sticlă, vă puteți gândi că cele două plăci se intersectează sub un anumit unghi. În raport cu figura 6, planul din figura 7 se poate spune că e „rotit în jurul" insectei.

Eliminarea triunghiului este o îmbunătățire a metodei noastre, pentru că ne distrăgea atenția. El conferea o importanță necuvenită celor trei puncte particulare alese din plan. Mai putem face o îmbunătățire. În figurile 6 și 7, distanța spațială reprezintă distanța genetică, dar scara e *distorsionată*. Un centimetru pe verticală nu e neapărat echivalent cu un centimetru pe orizontală. Pentru a elimina acest neajuns trebuie să alegem cu atenție cele trei biomorfe-ancoră, așa încât distanțele genetice dintre ele să fie egale. Figura 8 face acest lucru. Din nou, triunghiul nu e desenat. Cele trei biomorfe sunt scorpionul din figura 5, din nou insecta (am făcut o nouă „rotație în jurul" insectei) și biomorfa din vârf, greu de etichetat. Aceste trei biomorfe se află cu toate la 30 de mutații distanță una de alta. Aceasta înseamnă că le e la fel de ușor să evolueze de la una la alta. În toate trei cazurile, trebuie făcuți cel puțin 30 de pași genetici. Micile gradații de pe marginea inferioară a figurii 8 reprezintă unități de distanță măsurate în gene. Puteți considera că e o riglă genetică. Rigla nu funcționează doar în direcție orizontală. O puteți așeza pe orice direcție și măsura distanța genetică, iar de aici timpul minim de evoluție între oricare două puncte din plan (din păcate, acest lucru nu e riguros adevărat pe pagină, deoarece imprimanta distorsionează proporțiile, dar acest efect e prea mic pentru a-i da atenție, deși vă va face să obțineți rezultate ușor eronate dacă numărați pur și simplu gradațiile de pe scală).

Aceste planuri bidimensionale care străbat spațiul genetic nonadimensional dau o oarecare idee despre ce înseamnă să te plimbi prin Țara Biomorfelor. Pentru a înțelege mai bine această idee

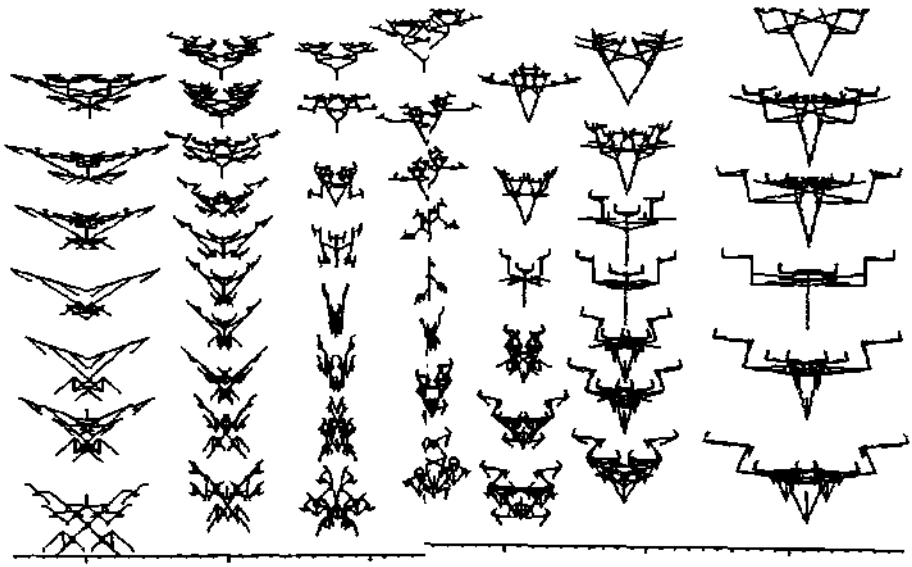


Figura 8

trebuie să vă amintiți că evoluția nu se limitează la un plan plat. Pe un drum evolutiv real puteți oricând „cădea" într-alt plan, de exemplu din planul figurii 6 în planul figurii 7 (în vecinătatea insectei, acolo unde planurile se apropie unul de altul).

Am spus că „rigla genetică" din figura 8 ne permite să calculăm timpul minim necesar pentru a evolua dintr-un punct în altul. E perfect adevărat, dar accentul trebuie pus pe cuvântul *minim*. Deoarece insecta și scorpionul se află la o distanță de 30 de unități genetice, le sunt necesare doar 30 de generații pentru a evolua dintr-una într-alta *dacă nu greșiți nicidată drumul* – cu alte cuvinte, dacă știți exact către ce formulă genetică vă îndreptați și cum să ajungeți la ea. În evoluția din viața reală nu există nimic care să semene cu orientarea către o țintă genetică îndepărtată.

Să folosim acum biomorfele pentru a ne întoarce la morala poveștii în care maimuțele bat *Hamlet* la mașină: importanța schimbării treptate în evoluție, pas cu pas, în comparație cu pura întâmplare. Să începem prin a redesena gradațiile din partea inferioară

a figurii 8 folosind unităţi diferite. În loc să măsurăm distanţa prin „numărul de gene care trebuie să se schimbe în evoluţie", vom măsura distanţa prin „probabilitatea de a parcurge distanţa, prin pur noroc, dintr-un singur salt". Pentru aceasta trebuie să relaxăm una din restricţiile introduse în jocul de pe calculator: vom vedea la urmă de ce am introdus eu acea restricţie de la bun început. Restricţia era aceea că progeniturilor li se „permitea" să se afle la o distanţă de doar o mutaţie faţă de părinţii lor. Cu alte cuvinte, doar o singură genă avea voie să sufere o mutaţie la un moment dat, iar ea îşi putea schimba „valoarea" doar cu +1 sau –1. Relaxând restricţia, putem permite acum ca oricât de multe gene să sufere mutaţii simultan, iar ele pot adăuga orice număr, pozitiv sau negativ, la valoarea lor curentă. De fapt, această relaxare e *prea* mare, de vreme ce permite valorilor genetice să varieze de la minus infinit la plus infinit. O relaxare mai realistă ar fi să impunem limite acestor mutaţii, de pildă să permitem valorilor genelor să varieze de la –9 la +9.

Aşadar, între aceste limite largi, permitem teoretic mutaţia dintr-un pas, într-o singură generaţie, care modifică orice combinaţie a celor nouă gene. Mai mult, valoarea fiecărei gene se poate modifica oricât, atâta vreme cât nu se exprimă printr-un număr din două cifre. Ce înseamnă asta? Înseamnă că, teoretic, evoluţia poate sări, într-o singură generaţie, dintr-un punct al Ţării Biomorfelor în oricare altul. Nu numai în orice punct al planului, ci şi în orice punct al hipervolumului nonadimensional. Dacă, de exemplu, veţi dori să săriţi dintr-odată de la insectă la vulpea din figura 5, iată reţeta. Adăugaţi următoarele numere la valorile genelor de la 1 la 9, respectiv: –2, 2, 2, –2, 2, 0, –4, –1, 1. Dar, fiindcă vorbim de salturi aleatoare, *toate* punctele din Ţara Biomorfelor sunt destinaţii egal probabile pentru aceste salturi. Aşadar, probabilităţile de a sări spre orice destinaţie *anume*, de pildă vulpea, prin pură şansă, sunt uşor de calculat. Ele sunt 1 împărţit la numărul total al biomorfelor din spaţiu. După cum se poate vedea, ne angajăm din nou într-unul din acele calcule astronomice. Există nouă gene,

fiecare din ele putând lua 19 valori. Aşadar, numărul total al biomorfelor la care *putem* sări dintr-un singur pas este 19 înmulţit cu el însuşi de 9 ori: adică 19 la puterea 9. Aceasta înseamnă cam o jumătate de milion de milioane de biomorfe. Minuscul în comparaţie cu „numărul hemoglobinic" al lui Asimov, dar tot extrem de mare. Dacă porniţi de la insectă şi dacă săriţi ca un purice dement de o jumătate de milion de milioane de ori, vă puteţi aştepta să ajungeţi la un moment dat la vulpe.

Ce ne spun toate acestea despre evoluţia reală? Subliniază încă o dată importanţa schimbării *treptate*, pas cu pas. Au existat evoluţionişti care au negat că evoluţia are nevoie de acest caracter treptat. Calculul biomorfelor noastre ne arată de ce e importantă schimbarea treptată, pas cu pas. Când am spus că ne putem aştepta ca evoluţia să sară de la insectă la unul dintre vecinii ei apropiaţi, dar *nu* direct de la insectă la vulpe sau la scorpion, am vrut să spun următoarele. Dacă salturile veritabil aleatoare au într-adevăr loc, atunci saltul de la insectă la scorpion e perfect posibil. Într-adevăr, ar fi *la fel* de probabil ca saltul de la insectă la unul din vecinii ei apropiaţi. Ar fi de asemenea la fel de probabil ca saltul către orice altă biomorfă din Ţara Biomorfelor. Ei bine, aici e necazul. Dat fiind că numărul biomorfelor este de o jumătate de milion de milioane, iar nici una dintre ele nu e o destinaţie mai probabilă decât alta, şansele de a sări la una *anume*, oricare ar fi ea, sunt suficient de mici pentru a fi neglijabile.

Observaţi că nu ne ajută cu nimic dacă presupunem că există o puternică „presiune selectivă" nealeatoare. N-ar conta nici dacă vi s-ar promite o răsplată regească în cazul în care aţi reuşi un salt norocos direct la scorpion. Aveţi o probabilitate tot de 1 la o jumătate de milion de milioane. Dar dacă, în loc să săriţi, aţi *merge* pas cu pas şi vi s-ar da un bănuţ drept recompensă pentru fiecare pas făcut în direcţia cea bună, aţi ajunge la scorpion în timp foarte scurt. Nu neapărat în timpul cel mai scurt al celor 30 de generaţii, oricum însă foarte repede. Sărind, v-aţi putea lua *teoretic* premiul mai repede – dintr-un singur salt. Dar, din cauza şanselor infime de

succes, o serie de paşi mici, fiecare bazându-se pe succesul acumulat în paşii anteriori, e singura cale viabilă.

Tonul paragrafelor mele anterioare lasă deschisă posibilitatea unei neînţelegeri pe care vreau s-o risipesc. S-ar putea înţelege că evoluţia ar avea de-a face cu ţinte îndepărtate, fiind dirijată spre ţinte precum scorpionul. După cum am văzut, nu se întâmplă aşa. Dar, dacă privim ţinta noastră ca pe *orice lucru care ar putea îmbunătăţi şansele de supravieţuire*, raţionamentul rămâne valabil. Dacă un animal e părinte, înseamnă că e suficient de bun pentru a supravieţui măcar până la maturitate. E posibil ca un copil mutant al acestui părinte să fie mai bun în privinţa supravieţuirii. Dar dacă un copil suferă mutaţii mari, aşa încât se deplasează la distanţă mare faţă de părintele său în spaţiul genetic, care sunt şansele lui de a fi mai bun decât părintele? Răspunsul e că şansele sunt foarte mici. Iar motivul este cel pe care l-am văzut cu ajutorul modelului biomorfelor. Dacă saltul mutaţional pe care îl avem în vedere e unul foarte mare, numărul destinaţiilor *posibile* ale acestui salt este astronomic. Şi, dat fiind că numărul diferitelor moduri de a fi mort e mult mai mare decât numărul diferitelor moduri de a fi viu, după cum am văzut în capitolul 1, există şanse foarte mari ca un salt mare aleator în spaţiul genetic să ducă la moarte. Chiar şi un mic salt aleator în spaţiul genetic e foarte probabil să ducă la moarte. Însă, cu cât saltul e mai mic, cu atât sunt mai mici şansele de a muri şi cu atât mai mari şansele ca saltul să ducă la o îmbunătăţire. Ne vom întoarce la această temă într-un capitol ulterior.

Mă opresc aici cu concluziile pe care le putem trage din Ţara Biomorfelor. Sper că nu veţi găsi aceste lucruri prea abstracte. Există un alt spaţiu matematic plin nu cu biomorfe cu nouă gene, ci cu animale în carne şi oase, alcătuite din miliarde de celule, fiecare conţinând zeci de mii de gene. Nu e spaţiul biomorfelor, ci spaţiul genetic real. Animalele reale care au trăit pe pământ sunt o infimă submulţime a tuturor animalelor teoretice care *ar putea* exista. Aceste animale reale sunt rezultatul unui număr foarte mic de traiectorii evolutive prin spaţiul genetic. Marea majoritate a traiectoriilor teoretice prin spaţiul animal dau naştere unor monştri imposibili.

Animalele reale sunt răsfirate ici şi colo printre monştri ipotetici, fiecare aşezat în propriul său loc c unic din hiperspaţiul genetic. Fiecare animal real e înconjurat de e câţiva vecini, dintre care cei mai mulţi n-au existat niciodată, dar c câţiva dintre ei sunt strămoşii, descendenţii şi verii săi.

Undeva în acest spaţiu matatematic se află oamenii, hienele, amibele şi porcii termitelor, viermii laţi şi calmarii, păsările dodo şi dinozaurii. În teorie, dacă am n fi destul de pricepuţi la inginerie genetică, ne-am putea deplasa d din orice punct al spaţiului animal în oricare altul. Din orice punct t am pleca, ne-am putea mişca prin labirint aşa încât să recreem pas sărea dodo, tiranozaurii şi trilobiţii. Cu condiţia să ştim asupra căăror gene trebuie sa acţionăm, ce fragmente de cromozom trebuiie duplicate, inversate sau şterse. Mă îndoiesc că vom stăpâni vreeodată cunoştinţele de care e nevoie pentru a o face, dar aceste fiinţţe moarte stau pe vecie la pândă în colţurile lor din acest hipervolvlum genetic uriaş, aşteptând să fie *găsite*, cu condiţia ca noi să avvem cunoştinţele necesare pentru a naviga în direcţia cea bună pririn labirint. Am putea obţine chiar reconstituirea exactă a păsării i dodo prin încrucişarea selectivă a porumbeilor, însă ar trebui să trăim un milion de ani pentru a duce experimentul la bun sfârşit. Dar, dacă suntem împiedicaţi să facem o călătorie în realitate, imaginaţiţia nu e un substitut rău. Pentru aceia care, la fel ca mine, nu sunt mnatematicieni, calculatorul poate fi un aliat puternic al imaginaţiei.i. La fel ca matematica, el nu numai că stimulează imaginaţia, dar (o şi disciplinează şi controlează.

CAPITOLUL 4

Călătorie prin spațiul animal

După cum am văzut în capitolul 2, multor oameni le vine greu să creadă că ceva precum ochiul, exemplul favorit al lui Paley, atât de complex și de bine proiectat, cu atâtea părți active interconectate, ar fi putut să apară din origini modeste printr-o serie de modificări treptate, pas cu pas. Să ne întoarcem la problemă în lumina noilor idei pe care ni le-au oferit biomorfele. Se pun următoarele două întrebări:

1. Ar fi putut ochiul uman să apară direct din nimic, într-un singur pas?
2. Ar fi putut ochiul uman să apară direct din ceva puțin diferit de el, ceva ce am putea numi X?

Răspunsul la prima întrebare este un nu hotărât. Probabilitatea pentru un „da" este de 1 împărțit la miliarde de ori numărul de atomi din univers. Ar fi fost nevoie de un salt gigantic și extrem de improbabil prin hiperspațiul genetic. Răspunsul la a doua întrebare este un da la fel de hotărât, cu condiția ca diferența dintre ochiul modern și predecesorul său imediat X să fie suficient de mică. Cu alte cuvinte, cu condiția ca cei doi să fie suficient de apropiați unul de altul în spațiul tuturor structurilor posibile. Dacă răspunsul pentru un anume grad de diferență este nu, tot ce trebuie să facem este să repetăm întrebarea pentru un grad de diferență mai mic. Vom face acest lucru până când vom găsi un grad de diferență suficient de mic pentru a ne oferi răspunsul „da" la a doua întrebare.

X se *definește* drept ceva foarte asemănător cu ochiul uman, suficient de asemănător pentru ca ochiul uman să fi putut deriva

din X printr-o singură modificare a lui X. Dacă aveţi o imagine mentală a lui X şi vi se pare neplauzibil ca ochiul uman să fi apărut direct din el, înseamnă pur şi simplu că l-aţi ales greşit pe X. Construiţi-vă o imagine mentală a lui X tot mai asemănătoare cu un ochi uman, până când veţi găsi un X care vi se pare plauzibil ca predecesor imediat al ochiului uman. Trebuie să existe unul, chiar dacă prin „plauzibil" înţelegeţi ceva diferit de ce înţeleg eu!

Acum, odată găsit un X aşa încât răspunsul la a doua întrebare să fie da, vom pune aceeaşi întrebare în legătură cu X. Prin acelaşi raţionament vom ajunge la concluzia că X ar fi putut deriva direct, printr-o singură modificare, din ceva uşor diferit, pe care îl vom numi X'. Evident, vom putea căuta originile lui X' în ceva uşor diferit, pe care îl putem numi X" şi aşa mai departe. Interpunând o serie suficient de mare de X-uri, putem deriva ochiul uman din ceva nu uşor diferit de el, ci *parte* diferit. Putem „parcurge" o distanţă mare prin „spaţiul animal", iar deplasarea noastră ar fi plauzibilă dacă am face suficient de mulţi paşi mici. Putem acum răspunde la o a treia întrebare

3. Există serii continue de X-uri care leagă ochiul uman modern de o stare în care nu există deloc ochi?

Mi se pare evident că răspunsul trebuie să fie da, cu condiţia să avem o serie *suficient de mare* de X-uri. Vi se poate părea că 1000 de X-uri e mult, dar, dacă veţi avea nevoie de şi mai mulţi paşi pentru ca tranziţia totală să vi se pară plauzibilă, gândiţi-vă la 10 000 de X-uri. Iar dacă nici 10 000 de X-uri nu sunt suficiente, gândiţi-vă la 100 000 şi aşa mai departe. Evident că timpul disponibil impune o limită, fiindcă nu poate exista decât un X pe generaţie. Întrebarea trebuie deci reformulată: A existat suficient timp pentru suficient de multe generaţii succesive? Nu putem da un răspuns precis în legătură cu numărul necesar de generaţii. Ceea ce ştim este că timpul geologic e extrem de lung. Pentru a vă face o idee asupra ordinului de mărime despre care vorbim, numărul de generaţii care ne separă de cei mai îndepărtaţi strămoşi ai noştri se măsoară cu siguranţă în mii de milioane. Dacă avem, de pildă,

o sută de milioane de X-uri, ar trebui să putem construi o serie plauzibilă de mici gradații care să lege ochiul uman de ceva care înseamnă aproape nimic!

Deocamdată, printr-un șir de raționamente mai mult sau mai puțin abstracte, am tras concluzia că există o serie de X-uri imaginabile, fiecare suficient de asemănător cu vecinii lui pentru a fi plauzibilă transformarea lui într-unul din ei, întreaga serie legând ochiul uman de ceva care nu a fost ochi. Dar încă nu am demonstrat că e plauzibil ca această serie de X-uri să fi existat în realitate. Mai avem de răspuns la încă două întrebări.

4. Considerând fiecare membru al seriei de ipotetice X-uri care leagă ochiul uman de ceva ce nu este ochi, e oare plauzibil ca fiecare dintre ei să apară prin mutații aleatoare ale predecesorului său?

Aceasta e de fapt o problemă de embriologie, nu de genetică; și e o problemă complet separată de cea care îi preocupa pe episcopul de Birmingham și pe alții. Mutația trebuie să acționeze prin modificarea proceselor de dezvoltare embrionară existente. Anumite tipuri de procese embrionare permit variațiile în anumite direcții și sunt recalcitrante la variații în alte direcții. Mă voi întoarce la această problemă în capitolul 11, așa încât deocamdată mă voi mărgini să subliniez din nou diferența dintre transformările mici și cele mari. Cu cât e mai mică transformarea pe care o postulați, cu atât e mai mică diferența dintre X" și X' și cu atât e mai plauzibilă embriologic mutația considerată. În capitolul precedent am văzut, pe baze pur statistice, că orice mutație mare este în mod inevitabil mai puțin probabilă decât orice mutație mică. Indiferent ce dificultăți ridică întrebarea a patra, cu cât diferența dintre X' și X" devine mai mică, cu atât aceste dificultăți vor fi mai mici. Eu înclin să cred că, presupunând că diferența dintre intermediarii vecini din seria noastră care duce la ochi e *suficient de mică*, mutațiile necesare trebuie să fie posibile. La urma urmei, noi am avut mereu în vedere schimbări cantitative minore într-un proces embrionar existent. Amintiți-vă că, oricât de complicat ar fi *statu*

quo-ul embrionar al unei anume generaţii, fiecare *schimbare* mutaţională a *statu quo*-ului poate fi foarte mică şi simplă.

Mai avem de răspuns la o ultimă întrebare:

5. Considerând fiecare membru al seriei de X-uri care leagă ochiul uman de ceva ce nu e ochi, e oare plauzibil ca fiecare dintre ei să funcţioneze suficient de bine pentru a veni în sprijinul supravieţuirii şi reproducerii animalului?

E straniu faptul că unii oameni au crezut că răspunsul la această întrebare e de la sine înţeles a fi „nu". De exemplu, voi cita din cartea lui Francis Hithing din 1982 cu titlul *Gâtul girafei sau unde a greşit Darwin*. Aş putea cita în principiu aceleaşi cuvinte din aproape orice imn religios al martorilor lui Iehova, dar am ales această carte deoarece o editură respectabilă (Pan Books Ltd) a considerat-o demnă de publicare, în ciuda a numeroase erori care ar fi putut fi imediat identificate dacă un biolog sau măcar un student la biologie şi-ar fi aruncat o privire pe manuscris. (Între farsele ştiinţifice, dacă îmi permiteţi, favoritele mele sunt conferirea titlului de cavaler profesorului John Maynard Smith şi considerarea profesorului Ernst Mayr, cel mai acerb şi nematematic critic al geneticii matematice, drept „mare preot" al geneticii matematice.)

Pentru ca ochiul să funcţioneze, trebuie făcuţi cel puţin următorii paşi perfect coordonaţi (în paralel sunt făcuţi mulţi alţii, dar chiar şi o prezentare grosolan simplificată e de ajuns pentru a pune în evidenţă dificultăţile teoriei darwiniste). Ochiul trebuie să fie curat şi umed, menţinut în această stare prin interacţiunea dintre glanda lacrimală şi pleoapele mobile, ale căror gene acţionează şi ca ştergătoare împotriva soarelui. Lumina trece apoi printr-o mică secţiune transparentă a învelişului exterior protector (corneea) şi îşi continuă drumul prin *cristalin*, care o focalizează pe *retină*. Aici 130 de milioane de celule în formă de conuri şi bastonaşe fotosensibile produc reacţii fotochimice care transformă lumina în impulsuri electrice. În fiecare secundă sunt transmise circa 1 000 de milioane de asemenea impulsuri, prin mijloace incomplet înţelese, spre creier, care intră în acţiune.

Dacă apare cel mai mic defect *en route* – corneea nu e clară, pupila nu se dilată, cristalinul devine opac sau focalizarea nu e bună –, e evident

că nu se formează o imagine recognoscibilă. Ochiul fie funcționează ca un întreg, fie nu funcționează deloc. Cum ar fi putut deci să evolueze prin îmbunătățiri darwiniste infinit de mici, lente și treptate? E oare într-adevăr plauzibil ca mii și mii de mutații întâmplătoare să aibă loc concomitent, astfel încât cristalinul și retina, care nu pot funcționa decât împreună, să evolueze simultan? Ce valoare pentru supraviețuire poate avea un ochi care nu vede?

Acest argument remarcabil apare deseori, probabil fiindcă oamenii *vor* să creadă concluziile lui. Să luăm afirmația: „Dacă apare cel mai mic defect [...] focalizarea nu e bună [...] nu se formează o imagine recognoscibilă." Există o probabilitate de aproximativ 50% să citiți aceste rânduri prin ochelari. Scoateți-i și priviți în jur. Sunteți de acord că „nu se formează o imagine recognoscibilă"? Dacă sunteți bărbat, sunt șanse de 1/12 să suferiți de daltonism. Puteți avea astigmatism. Se prea poate ca, fără ochelari, vederea să vă fie ușor încețoșată. Unul dintre cei mai distinși (fără să fi primit însă titlul de cavaler) teoreticieni ai evoluționismului din zilele noastre își ștergea atât de rar ochelarii, încât vederea lui era probabil oricum încețoșată, dar părea că se descurcă destul de bine și reușea să joace tenis. Dacă v-ați pierde ochelarii, v-ați putea contraria prietenii nerecunoscându-i pe stradă. Dar ați fi și mai contrariați dacă cineva v-ar spune: „Din moment ce vederea ta nu e perfectă, ai putea să mergi cu ochii închiși până îți găsești ochelarii." Iată ce vrea să sugereze autorul pasajului citat de mine.

El mai afirmă, ca și cum ar fi de la sine înțeles, că retina și cristalinul nu pot funcționa decât împreună. Pe ce se bazează? O prietenă a mea a fost operată de cataractă la ambii ochi. Nu mai avea cristalin la nici un ochi. Fără ochelari nu putea să joace tenis sau să tragă la țintă. Dar m-a asigurat că era mai bine fără cristalin decât fără ochi deloc. Îți poți da seama dacă te lovești de un zid sau de o altă persoană. Dacă ați fi un animal sălbatic, ați putea să vă folosiți de ochii fără cristalin pentru a detecta forma unui prădător și direcția din care acesta se apropie. Într-o lume primitivă în care unele ființe nu au ochi deloc, iar altele au ochi fără cristalin, cele cu ochi fără cristalin au tot felul de avantaje. Și există o serie

continuă de X-uri, de pilc fiecare mică îmbunătăţire a acurateţei imaginii, de la vederea ca în ceaţă la vederea umană perfectă, care sporesc în mod plauzibil şansele de supravieţuire ale organismului.

În carte este citat şi Stephen Jay Gould, celebrul paleontolog de la Harvard:

> Evităm redutabila întrebare „La ce bun 5% din ochi?" afirmând că posesorul unei asemenea structuri incipiente nu s-a folosit de ea pentru a vedea.

Un animal din vechime cu 5 procente dintr-un ochi le-ar fi putut folosi într-adevăr pentru altceva decât pentru vedere, dar mi se pare destul de probabil să fi folosit cele 5 procente pentru vedere. Şi de fapt nu cred că e o întrebare redutabilă. Vederea care reprezintă 5 procente din a voastră sau a mea înseamnă mult în comparaţie cu a nu vedea deloc. La fel, o vedere de 1% este mai bună decât cecitatea. Iar 6% e mai bine decât 5%, 7 mai bine decât 6 şi aşa mai departe.

Genul acesta de problemă i-a frământat pe aceia care se ocupă de animalele ce se protejează de prădători prin „mimetism". Insectele-crenguţă seamănă cu crenguţele şi nu mai sunt mâncate de păsări. Insectele-frunză seamănă cu frunzele. Multe specii comestibile de fluturi sunt protejate de asemănarea cu unele specii toxice sau otrăvitoare. Aceste asemănări sunt mult mai impresionante decât asemănarea norilor cu nevăstuicile. În multe cazuri sunt mult mai impresionante decât asemănarea insectelor „mele" cu insectele reale. Insectele reale, la urma urmei, au şase picioare, nu opt! Selecţia naturală reală a avut la dispoziţie de cel puţin un milion de ori mai multe generaţii decât mine, timp în care să perfecţioneze asemănarea.

Folosim cuvântul „mimetism" pentru aceste cazuri nu fiindcă am crede că animalele imită în mod conştient alte lucruri, ci fiindcă selecţia naturală i-a favorizat pe acei indivizi ale căror corpuri erau confundate cu alte lucruri. Cu alte cuvinte, strămoşii insectelor-crenguţă care nu semănau cu crenguţe nu au avut urmaşi. Geneticianul germano-american Richard Goldschmidt e cel mai

celebru dintre aceia care au susținut că evoluția *timpurie* a acestor asemănări nu putea fi favorizată de selecția naturală. Gould, un admirator al lui Goldschmidt, spunea despre insectele care seamănă cu bălegarul: „Are vreun rost să semeni în proporție de 5% cu o balegă?" În mare măsură sub influența lui Gould, e la modă acum să afirmi că Goldschmidt a fost subestimat în timpul vieții și că ar avea multe să ne învețe. Iată o mostră de raționament al său:

> Ford vorbește [...] despre orice mutație care are șansa să ofere o „asemănare vagă" cu o specie mai protejată, din care ar putea decurge unele avantaje, oricât de modeste. Trebuie să ne întrebăm cât de vagă trebuie să fie asemănarea pentru a avea valoare selectivă. Putem oare presupune că păsările și maimuțele sunt observatori atât de abili (sau măcar unele foarte inteligente dintre ele sunt) pentru a observa o asemănare „vagă" și a fi descurajate de ea? Cred că întrebarea e deplasată.

Oricine s-ar aventura pe terenul instabil pe care calcă Goldschmidt se poate îmbolnăvi de asemenea sarcasm. Observatori atât de *abili*? Unele *foarte* inteligente dintre ele? Oricine ar crede că păsările și maimuțele au avut de *câștigat* din faptul de a fi păcăliți de o asemănare vagă! Goldschmidt putea mai degrabă spune: „Putem oare presupune că păsările și maimuțele sunt observatori atât de *inabili* (sau măcar unele mai proaste dintre ele sunt)?" Cu toate acestea, există aici o dilemă reală. Asemănarea inițială a insectei-crenguță din vechime cu o crenguță trebuie să fi fost una foarte vagă. O pasăre ar fi trebuit să aibă o vedere foarte *proastă* pentru a se păcăli. Totuși, asemănarea unei insecte-crenguță moderne cu o crenguță e minunat de izbutită, până la cele mai fine detalii, cu muguri falși și urme de frunze. Păsările prădătoare care au exercitat presiunea selectivă ce a finisat cele mai mici detalii în evoluția lor trebuie, cel puțin în sens colectiv, să fi avut o vedere *excelentă*. Trebuie să fi fost foarte greu de păcălit, altminteri insectele nu ar fi evoluat ajungând mimii perfecți care sunt: ar fi rămas mimi relativ imperfecți. Cum putem rezolva această contradicție aparentă?

Un răspuns sugerează că vederea păsărilor s-a îmbunătățit în același interval evolutiv ca și camuflajul insectelor. Poate că, pentru

a fi puțin răutăcios, o insectă din vechime care semăna doar în proporție de 5% cu o balegă putea păcăli o pasăre din vechime care avea o vedere de doar 5%. Dar nu e genul de răspuns pe care aș vrea să-l dau. Presupun într-adevăr că întregul proces evolutiv, de la asemănarea vagă la mimetismul perfect, a continuat destul de rapid de mai multe ori, la diferite grupuri de insecte, în cursul unei lungi perioade în care vederea păsărilor era aproape la fel de bună ca cea actuală.

Un alt gen de răspuns care a fost dat acestei dileme e următorul. Poate că fiecare specie de păsări sau de maimuțe are o vedere slabă și se limitează la un singur aspect al unei insecte. Poate că o specie de prădător observă doar culoarea, alta doar forma, alta doar textura și așa mai departe. Atunci o insectă care seamănă cu o crenguță va păcăli doar într-o singură privință un tip de prădător, chiar dacă e mâncată de alte tipuri de prădători. Pe măsură ce evoluția avansează, se adună tot mai multe trăsături de asemănare în repertoriul insectelor. S-a ajuns la perfecțiunea finală multilaterală a mimetismului prin însumarea selecției naturale furnizate de multe specii diferite de prădători. Nici un prădător nu vede întreaga desăvârșire a mimetismului, doar noi o vedem.

De aici pare să rezulte că numai noi suntem destul de „deștepți" pentru a vedea mimetismul în toată splendoarea lui. Nu doar din pricina snobismului uman implicat aici, eu prefer o altă explicație. Oricât de bună ar fi vederea unui prădător în anumite condiții, ea poate fi extrem de slabă în alte condiții. Putem aprecia cu ușurință, din experiență proprie, întregul spectru de la o vedere extrem de slabă până la o vedere foarte bună. Dacă privesc direct insecta-crenguță, la 25 de centimetri de nasul meu și în lumină naturală puternică, nu voi fi păcălit deloc. Voi observa picioarele lungi care înconjoară linia trunchiului, voi remarca poate simetria nefirească pe care o crenguță adevărată nu o poate avea. Dar dacă eu, cu aceiași ochi și același creier, aș merge prin pădure pe înserate, s-ar putea să nu disting aproape nici o insectă tern colorată de ramurelele care abundă pretutindeni. Imaginea insectei ar putea trece pe la periferia retinei, în loc să cadă în centrul ei. Insecta poate fi la

50 de metri și poate produce doar o imagine infimă pe retina mea. Lumina ar putea fi atât de slabă, încât să-mi fie greu să văd orice.

De fapt, nu contează *cât* de îndepărtată, cât de vagă e asemănarea unei insecte cu o crenguță, trebuie să existe un *anumit* crepuscul, *o anumită* distanță față de ochi sau *un anumit* grad de neatenție a prădătorului, astfel încât chiar și un ochi foarte bun să fie păcălit de asemănarea îndepărtată. Dacă nu vi se pare plauzibil pentru un exemplu pe care vi-l imaginați, trebuie doar să diminuați puțin lumina imaginară sau să vă îndepărtați ceva mai mult de obiectul imaginar! Ideea este că mai multe insecte au fost salvate de o asemănare cât de vagă cu o crenguță, cu o frunză sau cu o balegă, ori că au existat ocazii în care au fost departe de prădători sau în care prădătorul le privea pe întuneric sau prin ceață, ori era distras de o femelă receptivă. Și multe insecte au fost poate salvate, eventual de același prădător, de o bizar de apropiată asemănare cu o crenguță, când prădătorul le-a privit de la mică distanță și pe lumină. Ce e important este că intensitatea luminii, distanța dintre insectă și prădător, distanța până la centrul retinei și alte variabile asemănătoare sunt toate variabile *continue*. Ele variază în grade imperceptibile de la invizibilitate la extrema vizibilitate. Asemenea variabile continue favorizează evoluția continuă și treptată.

Problema lui Richard Goldschmidt – una dintre numeroasele care au făcut ca, în cea mai mare parte a carierei sale, să creadă că evoluția face salturi, nu pași mici – s-a dovedit a nu fi deloc o problemă. Iar cu acest prilej ne-am demonstrat și nouă înșine că o vedere de 5% e mai bună decât absența vederii. Calitatea vederii mele periferice este probabil chiar mai slabă de 5% din calitatea ei în centrul retinei, indiferent cum am măsura calitatea. Și totuși eu pot detecta prezența unui camion mare sau a unui autobuz cu colțul extrem al ochiului. Dat fiind că merg în fiecare zi pe bicicletă la muncă, acest lucru probabil că mi-a salvat viața. Am observat diferențele de vizibilitate în asemenea ocazii atunci când ploua sau când purtam o pălărie. Calitatea vederii mele într-o noapte întunecoasă trebuie să fie mai mică de 5% din calitatea vederii diurne la amiază. Destui strămoși ai noștri au fost probabil salvați

pentru că au văzut ceva care conta într-adevăr, un tigru sau o prăpastie la miezul nopții.

Fiecare dintre noi știe din experiență proprie, de pildă în nopți întunecate, că există o serie continuă care variază imperceptibil de la cecitate completă la vedere perfectă, iar fiecare pas din această serie conferă avantaje semnificative. Privind lumea printr-un binoclu progresiv defocalizat și focalizat, ne putem convinge cu ușurință că există o serie treptată de calități ale focalizării, fiecare pas în această serie fiind o îmbunătățire față de pașii precedenți. Prin reglarea butonului de culoare al televizorului, ne putem convinge că există o serie de îmbunătățiri progresive de la alb-negru la imagini color. Diafragma iriană care deschide și închide pupila ne protejează pentru a nu fi orbiți de lumina prea puternică și ne permite să vedem în lumină slabă. Cu toții am simțit cum ar fi să nu avem iris în momentele în care am fost orbiți de farurile mașinilor care se apropie. Oricât de neplăcută și chiar periculoasă ar fi această orbire, nu înseamnă că întregul ochi încetează să funcționeze! Afirmația că „ochiul fie funcționează ca un întreg, fie nu funcționează deloc" se arată deci a fi nu aproape falsă, ci evident falsă pentru cineva care se gândește măcar două secunde la propria sa experiență.

Să ne întoarcem la a cincea întrebare. Considerând fiecare membru al seriei de X-uri care leagă ochiul uman de ceva care nu e deloc ochi, e oare plauzibilă ideea că fiecare dintre ei a funcționat suficient de bine pentru a veni în sprijinul supraviețuirii și reproducerii animalelor în cauză? Am văzut stupiditatea ideii antievoluționiste cum că răspunsul este evident nu. Dar răspunsul este într-adevăr da? E mai puțin evident, dar eu cred că e da. Este limpede că o parte din ochi e mai bună decât absența ochiului. În plus, putem găsi o serie plauzibilă de intermediari la animalele din zilele noastre. Asta nu înseamnă, desigur, că acești intermediari moderni reprezintă cu adevărat tipuri ancestrale, dar ne demonstrează că proiectele intermediare pot funcționa.

Unele animale unicelulare au o pată fotosensibilă cu un mic ecran pigmentar în spatele ei. Acest ecran obturează lumina venită

dintr-o direcție, ceea ce îi dă o „idee" despre locul din care vine lumina. Între animalele pluricelulare, diferite tipuri de viermi și crustacee au un aranjament asemănător, însă celulele fotosensibile pigmentare sunt așezate într-o cupă mică. Acest lucru le conferă o capacitate crescută de identificare a direcției, deoarece fiecare celulă este selectiv protejată de razele luminoase care intră din direcția respectivă în cupă. Într-o serie continuă pornind de la o foaie plată de celule fotosensibile, trecând printr-o cupă puțin concavă și ajungând una adâncă, fiecare pas al seriei, oricât de mic (sau de mare), va fi o îmbunătățire optică. Dacă faceți o cupă foarte adâncă și răsfrângeți marginile, veți obține în cele din urmă o cameră obscură fără lentilă (cristalin). Există aici o serie continuă de la o cupă puțin concavă la o cameră obscură (vezi, pentru ilustrare, primele șapte generații ale seriei evolutive din figura 4).

O cameră obscură formează o imagine clară – cu cât camera obscură e mai mică, cu atât imaginea e mai fidelă (dar întunecată), cu cât camera obscură e mai mare, cu atât imaginea e mai luminoasă (dar neclară). Molusca *Nautilus*, o ființă ciudată asemănătoare mai degrabă cu calmarul, care trăiește într-o cochilie precum dispăruții amoniți (vezi „cefalopodul cu cochilie" din figura 5), are o pereche de camere obscure pe post de ochi. Ochii au în linii mari aceeași formă ca ai noștri, dar nu au cristalin, iar pupila e doar o gaură care permite intrarea apei de mare în interiorul ochiului. De fapt, *Nautilus* este o ciudățenie. De ce, în sutele de milioane de ani de când la strămoșii lui au evoluat ochii-cameră obscură, nu a descoperit principiul cristalinului? Avantajul unui cristalin e că permite imaginii să fie în același timp clară *și* luminoasă. Îngrijorător la *Nautilus* este că toate însușirile retinei lui sugerează că ar căpăta un avantaj real, mare și imediat dacă ar avea un cristalin. Este ca un sistem hi-fi cu amplificator excelent care servește drept stație pentru un gramofon cu ac bont. Sistemul cere imperios o anumită schimbare mică. În hiperspațiul genetic, *Nautilus* pare să se afle în preajma unei îmbunătățiri evidente și imediate, și totuși nu face micul pas necesar. De ce? Michael Land de la Universitatea din Sussex, autoritatea numărul unu în materie de ochi la

nevertebrate, este la fel de preocupat ca mine. Oare mutația necesară nu poate avea loc, dat fiind modul în care se dezvoltă embrionii de *Nautilus*? Nu vreau să cred așa ceva, dar nu am o explicație mai bună. Cel puțin *Nautilus* ilustrează ideea că ochii fără cristalin sunt mai buni decât lipsa ochilor.

Când avem o cupă pe post de ochi, aproape orice material cât de vag convex, vag transparent sau măcar translucid așezat peste deschiderea ei va constitui o îmbunătățire datorită micilor sale proprietăți de lentilă. Captează lumina de pe suprafața sa și o concentrează pe o suprafață mai mică din retină. Odată instalat acolo un protocristalin, apare o serie continuă și gradată de îmbunătățiri, subțierea și creșterea transparenței cristalinului, scăderea gradului de distorsiune, totul culminând cu ceea ce numim un cristalin adevărat. Rudele lui *Nautilus*, calmarii și caracatițele, au cristaline veritabile, foarte asemănătoare cu ale noastre, deși strămoșii lor și-au dezvoltat întregul principiu al ochiului-aparat de fotografiat complet independent de noi. Michael Land afirmă că există nouă principii fundamentale pentru formarea imaginii pe care le folosesc ochii, iar majoritatea lor au evoluat independent de mai multe ori. De exemplu, principiul discului reflectorizant curb este radical diferit de cel al ochilor noștri de tip aparat de fotografiat (noi îl folosim la radiotelescoape și la marile telescoape optice, pentru că e mai ușor să construim oglinzi mari decât lentile mari) și a fost „inventat" independent de diferite moluște și crustacee. Alte crustacee au un ochi compus la fel ca insectele (care au ansambluri de mulți ochi mici), în timp ce alte moluște, după cum am văzut, au ochi asemănători cu un aparat de fotografiat, ca ai noștri, sau ochi-cameră obscură. Pentru fiecare tip de ochi prezentat aici, etapele corespunzând intermediarilor evolutivi există ca ochi funcționali la alte animale moderne.

În propaganda antievoluționistă abundă pretinsele exemple de sisteme complexe care „nu aveau cum" să fi trecut printr-o serie continuă de intermediari. Aceasta e încă o mostră a jalnicului „Argument al Neîncrederii Personale" pe care l-am întâlnit în

capitolul 2. Imediat după secțiunea despre ochi, de pildă, în *Gâtul girafei* se vorbește despre cărăbușul bombardier, care

> împroașcă un amestec letal de hidrochinonă și apă oxigenată în fața inamicului său. Dacă se amestecă între ele, aceste două substanțe chimice explodează literalmente. Pentru a le putea stoca în organism, cărăbușul bombardier a dezvoltat un inhibitor chimic care le face inofensive. În momentul în care cărăbușul împrăștie lichidul prin coadă, se adaugă un antiinhibitor pentru a face ca amestecul să devină exploziv. Lanțul evenimentelor care ar fi putut conduce la evoluția unui proces atât de subtil, complex și coordonat se află dincolo de explicația biologică a înaintării pas cu pas. Cea mai mică alterare a echilibrului chimic ar avea ca efect imediat apariția unei rase de cărăbuși explodați.

Un coleg biochimist mi-a oferit cu multă amabilitate o sticlă de apă oxigenată și suficientă hidrochinonă pentru 50 de cărăbuși bombardier. Sunt gata să le amestec. Conform celor de mai sus, îmi vor exploda în față. I-am dat drumul...

Ei bine, sunt încă în viață. Am turnat apa oxigenată peste hidrochinonă și nu s-a întâmplat nimic. Amestecul nici măcar nu s-a încălzit. Evident, știam că așa se va întâmpla. Nu sunt chiar atât de inconștient! Afirmația conform căreia „dacă se amestecă între ele, aceste două substanțe chimice explodează literalmente" este pur și simplu falsă, deși e repetată sistematic în întreaga literatură creaționistă. Dacă vreți să știți mai multe despre cărăbușul bombardier, iată ce se întâmplă. E adevărat că insecta aruncă un amestec fierbinte de apă oxigenată și hidrochinonă spre inamic. Însă apa oxigenată și hidrochinona nu reacționează violent când sunt amestecate decât dacă li se adaugă un catalizator. Asta face cărăbușul bombardier. Cât despre precursorii evolutivi ai sistemului, atât apa oxigenată, cât și diferitele tipuri de chinone sunt folosite în alte scopuri în chimia corpului. Strămoșii cărăbușului bombardier împrăștiau diferite substanțe chimice care se aflau deja la îndemână. Așa funcționează evoluția.

Pe aceeași pagină a cărții unde e vorba de cărăbuș se află și întrebarea: „Ce rost ar putea avea [...] o jumătate de plămân? Selecția naturală ar elimina desigur asemenea ființe ciudate, nu

le-ar păstra." La un adult uman sănătos fiecare dintre cei doi plămâni e împărţit în aproximativ 300 de milioane de cămăruţe la capetele sistemului tubular de ventilaţie. Arhitectura acestor tubuli seamănă cu arborele biomorfelor din partea inferioară a figurii 2 din capitolul anterior. În acest arbore, numărul de ramificări succesive, determinat de „gena 9", este de opt, iar numărul vârfurilor crenguţelor este de 2 la puterea 8, adică de 256. Pe măsură ce coborâm în figura 2, numărul vârfurilor crenguţelor se dublează succesiv. Pentru a obţine 300 de milioane de vârfuri, sunt necesare doar 29 de dublări succesive. Observaţi că există o gradare continuă între o cameră unică şi 300 de milioane de cămăruţe, fiecare pas fiind obţinut prin altă ramificare în două părţi. Această operaţie poate fi îndeplinită prin 29 de înmuguriri, pe care le putem privi intuitiv ca pe un drum de 29 de paşi prin spaţiul genetic.

La plămâni, rezultatul acestei înmuguriri este o suprafaţă de schimb de peste 60 de metri pătraţi pentru fiecare plămân. Aria e o variabilă importantă pentru plămâni, fiindcă determină ritmul în care oxigenul poate fi captat, iar dioxidul de carbon, emis. Ce trebuie să ştim despre arie este că e o variabilă *continuă*. Nu e unul dintre acele lucruri pe care le avem sau nu le avem. Este unul dintre acele lucruri pe care le putem avea în măsură ceva mai mare sau ceva mai mică. Mai mult decât majoritatea celorlalte lucruri, aria pulmonară e predispusă la schimbări *treptate*, pas cu pas, de la 0 la 60 de metri pătraţi.

Există mulţi pacienţi chirurgicali care trăiesc doar cu un plămân, unii dintre ei având doar o treime din aria pulmonară normală. Pot merge, dar nu merg foarte departe şi nici foarte repede. Asta vreau eu să subliniez. Efectul reducerii treptate a ariei pulmonare nu e absolut, ceva de genul totul-sau-nimic, în privinţa supravieţuirii. E un efect treptat, continuu variabil asupra distanţei pe care o poate parcurge individul şi asupra vitezei cu care se poate deplasa. Un efect treptat, continuu variabil asupra speranţei de viaţă. Moartea nu survine brusc sub un anumit prag al ariei pulmonare! Ea devine treptat mai probabilă pe măsură ce aria pulmonară scade

sub un nivel optim (și când crește peste acest optim, din motive diferite legate de risipă).

Primul strămoș al nostru care a dezvoltat plămâni a trăit aproape sigur în apă. Ne putem face o idee despre cum trebuie să fi respirat el dacă ne uităm la peștii din zilele noastre. Cei mai mulți pești actuali respiră în apă prin branhii, însă multe specii care trăiesc în ape murdare, mlăștinoase își suplimentează oxigenul sorbind aer de la suprafață. Ei folosesc camera internă a gurii ca pe un fel de proto-plămân și uneori cavitatea ei e mărită printr-un buzunar respirator bogat vascularizat. După cum am văzut, nu avem probleme să ne imaginăm o serie continuă de X-uri care leagă un singur buzunar de un set de 300 de milioane de buzunărașe aflate în plămânii umani moderni.

Interesant este că mulți pești din zilele noastre și-au păstrat buzunarașul unic și îl folosesc pentru scopuri complet diferite. Deși acesta a început ca plămân, în cursul evoluției a devenit băşica înotătoare, un dispozitiv ingenios cu care peștele se menține ca un hidrostat în echilibru permanent. Un animal fără băşică de aer este în mod normal ceva mai greu decât apa și se duce la fund. De aceea rechinii trebuie să înoate în permanență ca să nu se ducă la fund. Un animal care are buzunare mari cu aer în interiorul lui, cum suntem noi, cu plămânii noștri mari, are tendința de a se ridica la suprafață. Undeva la mijlocul acestui spectru continuu, un animal care posedă o băşică cu aer de dimensiunea potrivită nu se va scufunda și nici nu se va ridica, ci va pluti fără efort în echilibru. Acesta e trucul pe care l-au perfecționat peștii moderni, alții decât rechinii. Spre deosebire de rechini, ei nu risipesc energie încercând să nu se scufunde. Aripioarele și cozile lor sunt create pentru ghidaj și propulsie rapidă. Ei nu se mai bazează pe aerul din afară pentru a umple băşica, ci au glande speciale care produc gaz. Folosind aceste glande și alte mijloace, ei pot regla cu precizie volumul gazului din băşică pentru a se menține în echilibru hidrostatic perfect.

Câteva specii de pești moderni pot părăsi apa. Un caz extrem este cel al bibanului cățărător indian, care intră foarte rar în apă. El și-a dezvoltat independent un tip de plămân diferit de al strămoșilor noștri — o cameră cu aer care înconjoară branhiile. Alți

peşti trăiesc de regulă în apă, dar fac incursiuni pe uscat. Probabil la fel au făcut şi strămoşii noştri. Incursiunile pe uscat pot avea o durată care variază continuu, până la zero. Dacă aţi fi un peşte care de regulă trăieşte şi respiră în apă, dar se aventurează din când în când pe uscat, trecând eventual dintr-o baltă în alta pentru a supravieţui unei secete, probabil că aţi fi mulţumiţi nu cu o jumătate de plămân, ci doar cu o sutime de plămân. Nu contează cât de mic a fost plămânul primordial, trebuie să existe un interval în care să puteţi trăi cu acest plămân în afara apei, interval care să fie ceva mai mare decât acela în care aţi rezista în afara apei fără plămân. Timpul e o variabilă continuă. Nu există o împărţire rigidă între animalele care respiră în apă şi cele care respiră în aer. Diferite animale îşi pot petrece 99% din timp în apă, altele 98, 97% şi tot aşa până la 0%. La fiecare pas al drumului, o creştere mică a ariei pulmonare va fi un avantaj. Totul e continuu, treptat.

La ce foloseşte o jumătate de aripă? Cum au apărut aripile? Multe animale sar din creangă în creangă şi uneori cad pe pământ. Mai cu seamă la animalele mici întreaga suprafaţă corporală captează aerul şi ajută saltul sau încetineşte căderea, acţionând ca un deltaplan primitiv. Orice tendinţă de a creşte raportul suprafaţă corporală/greutate corporală este utilă, de exemplu cutele de piele care cresc în unghiul articulaţiilor. De aici începe o serie continuă de gradaţii care duce la aripile de planare şi apoi la aripile batante. Evident, există distanţe care nu puteau fi sărite de animalele primitive dotate cu proto-aripi. La fel de evident este că, *oricât* de mici sau de primitive au fost suprafeţele iniţiale de captare a aerului, trebuie să fi existat o *anumită* distanţă, oricât de scurtă, care putea fi parcursă în salt cu „aripioare" şi nu putea fi parcursă în salt fără ele.

Sau, dacă prototipul aripilor batante acţiona pentru a frâna căderea animalelor, nu putem spune: „Sub o anumită dimensiune aripile batante sunt inutile." Repet, nu contează *cât* de mici şi de ne-aripi au fost primele aripi batante. Trebuie să fi existat o anumită înălţime, să-i spunem *h*, de la care un animal şi-ar fi rupt gâtul dacă ar fi sărit, şi o înălţime ceva mai mică de la care căzând ar fi supravieţuit. În această zonă critică orice îmbunătăţire adusă

capacității suprafeței corporale de a capta aerul și de a frâna căderea, oricât de mică, poate face diferența dintre viață și moarte. Selecția naturală va favoriza prin urmare ceva mai mult aripile batante prototip. Când aceste aripi vor fi devenit regula, înălțimea critică *h* trebuie să fi crescut puțin. Acum o altă creștere ușoară a suprafeței aripilor va face diferența dintre viață și moarte. Și tot așa, până se ajunge la aripi veritabile.

Și în ziua de azi trăiesc animale care ilustrează fiecare etapă a acestui spectru continuu. Există broaște care planează prin sindactilie, șerpi de copac cu corpuri aplatizate care captează aerul, șopârle cu aripioare de-a lungul corpului și câteva tipuri de mamifere care planează cu ajutorul unor membrane ce se întind între membre, arătându-ne cam cum trebuie să fi apărut liliecii. Contrar literaturii creaționiste, nu există numai animale cu „jumătate de aripă", dar și animale cu un sfert de aripă, trei sferturi de aripă și așa mai departe. Ideea de spectru continuu al zborului devine și mai convingătoare dacă ne amintim că animalele foarte mici încearcă să plutească ușor în aer, indiferent de forma lor. Argumentul e convingător pentru că există un spectru continuu infinitezimal gradat între mic și mare.

Ideea transformărilor minuscule cumulate în mulți pași e deosebit de rodnică, putând explica un spectru foarte larg de lucruri care altminteri ar fi inexplicabile. Cum a apărut veninul șarpelui? Multe animale mușcă, iar saliva oricărui animal conține proteine care, dacă ajung în contact cu o rană, pot provoca reacții alergice. Chiar și șerpii neveninoși pot mușca și produce o reacție dureroasă unor persoane. Există o serie continuă și gradată de la saliva obișnuită la venin.

Cum au apărut urechile? Orice bucată de piele poate detecta vibrații atunci când vine în contact cu obiecte care vibrează. Aceasta e o continuare naturală a simțului tactil. Selecția naturală putea foarte lesne accentua treptat această capacitate până la captarea unor vibrații de contact foarte slabe. În acest moment organul era automat suficient de sensibil pentru a capta vibrații *aeriene* suficient de puternice și/sau cu origini suficient de apropiate. Selecția

naturală a favorizat apoi evoluția unor organe speciale – urechile – care să capteze vibrațiile aeriene provenind de la surse din ce în ce mai îndepărtate. E ușor de ghicit că aici a existat o traiectorie continuă de îmbunătățiri pas cu pas. Cum a apărut ecolocația? Orice animal care poate auzi aude și ecouri. Oamenii orbi învață cel mai adesea să se folosească de ecouri. O versiune rudimentară a acestei aptitudini la mamiferele vechi a furnizat un amplu material brut pe care selecția naturală să poată clădi, ducând treptat la înalta perfecționare a liliecilor.

Cinci procente de văz sunt mai bune decât absența văzului. Cinci procente de auz sunt mai bune decât absența auzului. Cinci procente de eficiență în zbor sunt mai bune decât absența zborului. Este perfect plauzibil ca fiecare organ sau aparat pe care îl vedem acum să fie produsul unei traiectorii line prin spațiul animal, o traiectorie în care fiecare etapă intermediară ajută supraviețuirea și reproducerea. De fiecare dată când avem un X la un animal viu real, X fiind un organ prea complex pentru a fi apărut din întâmplare printr-un singur pas, aceasta înseamnă, în conformitate cu teoria evoluției prin selecție naturală, că o fracțiune din X este mai bună decât lipsa lui X; două fracțiuni din X sunt mai bune decât una; iar întregul X este mai bun decât nouă zecimi din X. Nu cred că greșesc acceptând că aceste afirmații sunt adevărate pentru ochi, urechi, inclusiv urechile liliecilor, aripi, insecte mimetice sau camuflate, fălci de șerpi, înțepături, obiceiuri ale cucilor și toate celelalte exemple de care face caz propaganda antievoluționistă. Nu am nici o îndoială că există o mulțime de X-uri *imaginabile* pentru care aceste afirmații *nu* sunt adevărate, o mulțime de cărări evolutive imaginabile pentru care intermediarii *nu* constituie îmbunătățiri față de predecesori. Dar aceste X-uri nu se găsesc în lumea reală.

Darwin scria (în *Originea speciilor*):

> Dacă s-ar demonstra că vreun organ complex din câte au existat nu putea să apară prin modificări numeroase, succesive și mici, teoria mea ar fi complet distrusă.

O sută douăzeci și cinci de ani mai târziu știm mult mai mult despre animale și plante decât știa Darwin, iar eu încă nu cunosc nici un

caz de organ complex care să nu fi putut apărea din modificări numeroase, succesive și mici. Nici nu cred că un asemenea caz va fi găsit. Dacă va fi descoperit – trebuie să fie *într-adevăr* un organ complex și, după cum vom vedea în capitolele următoare, „mic" trebuie definit cu toată atenția – eu voi înceta să cred în Darwin.

Uneori istoria etapelor gradate, intermediare e clar înscrisă în alcătuirea animalelor moderne, luând chiar forma imperfecțiunilor vizibile din proiectul final. Stephen Gould, în excelentul lui eseu *Degetul mare al ursului panda*, a subliniat că evoluția poate fi mai puternic susținută de prezența imperfecțiunilor decât de prezența perfecțiunii. Voi da doar două exemple.

Peștii care trăiesc pe fundul mării se folosesc de faptul că sunt plați și se mulează pe diferite contururi. Există două tipuri foarte diferite de pești plați care trăiesc pe fundul mării și au ajuns la acest nivel de aplatizare în moduri diferite. Cocoșii de mare și calcanii, rude cu rechinii, au devenit plați pe calea pe care am putea-o considera evidentă. Corpurile lor au dezvoltat excrescențe laterale care au format „aripi" mari. Ei seamănă cu niște rechini peste care a trecut un compresor, dar au rămas simetrici și drepți. Cambula, limba de mare și rudele lor au devenit plați pe o cale diferită. Ei sunt pești cu schelet osos (și au bășici înotătoare) înrudiți cu heringii, păstrăvii etc. și nu au nimic de-a face cu rechinii. Spre deosebire de rechini, peștii cu schelet osos au tendința de a se aplatiza pe direcție verticală. Un hering, de exemplu, e mai mult „înalt" decât lat. Își folosește întregul corp aplatizat vertical ca pe o suprafață de înot, care se ondulează în apa în care navighează. Prin urmare, e absolut firesc că, atunci când strămoșii cambulei și limbii de mare atingeau fundul mării, ei trebuiau să se așeze *pe o parte*, nu pe burtă, cum făceau strămoșii cocoșilor de mare și ai calcanilor. Dar în felul acesta un ochi privea întotdeauna spre nisip și era inutil. În cursul evoluției problema a fost rezolvată prin „deplasarea" ochiului de jos spre partea superioară.

Vedem acest proces al deplasării reluat în dezvoltarea fiecărui pește plat cu schelet osos. Un pește tânăr își începe viața înotând în apropierea suprafeței și e simetric și aplatizat vertical ca un

hering. Însă apoi craniul începe să crească într-un mod ciudat, asimetric şi răsucit, aşa încât unul dintre ochi, de exemplu stângul, se mişcă peste cap, ajungând de cealaltă parte. Tânărul peşte începe să trăiască pe fundul apei, cu ambii ochi privind în sus, o ciudată figură demnă de Picasso. Unele specii de peşti plaţi stau pe partea dreaptă, altele pe stânga, iar altele fie pe stânga, fie pe dreapta.

Întregul craniu al peştelui plat cu schelet osos e dovada răsucită şi distorsionată a originilor sale. Propria sa imperfecţiune e o mărturie puternică a istoriei sale străvechi, o istorie a unei schimbări pas cu pas, nu a unui proiect deliberat. Nici un proiectant de bun-simţ nu ar fi conceput o asemenea monstruozitate dacă i s-ar fi lăsat mână liberă să creeze un peşte plat pe o planşetă de proiectare. Bănuiesc că cei mai mulţi proiectanţi l-ar fi făcut să semene cu calcanul. Dar evoluţia nu începe niciodată de la o planşetă curată. Trebuie să înceapă de la ceva care există deja. În cazul strămoşilor calcanilor, era vorba de rechinii care înotau liber. Rechinii în general nu sunt aplatizaţi lateral, ca peştii cu schelet osos precum heringii, ci sunt uşor aplatizaţi pe orizontală. Aceasta înseamnă că, atunci când un rechin preistoric a atins pentru prima dată fundul mării, a avut loc o evoluţie lină către forma calcanului, fiecare intermediar fiind o mică îmbunătăţire faţă de predecesorul mai puţin plat.

Pe de altă parte, atunci când strămoşul cambulei, care era, la fel ca heringul, aplatizat pe verticală, a atins fundul mării, a fost mai bine să stea pe o parte decât să se balanseze într-un echilibru precar pe muchia burţii sale! Chiar dacă evoluţia l-a adus în final la complicatele şi probabil costisitoarele distorsiuni implicate în poziţionarea ochilor de aceeaşi parte a capului, chiar dacă modul de a fi peşte plat al calcanului se putea dovedi *în cele din urmă* cel mai bun proiect şi pentru peştii cu schelet osos, pe termen scurt intermediarii ipotetici care au urmat acest drum evolutiv trebuie să se fi descurcat mai puţin bine decât rivalii lor care stăteau pe o parte. Rivalii care stăteau pe o parte aveau marele avantaj, pe termen scurt, de a se mula pe fundul apei. În hiperspaţiul genetic există o traiectorie lină care leagă peştii preistorici cu schelet osos de peştii plaţi care stau pe o parte, cu capetele răsucite. Nu există

o traiectorie lină care să lege acești strămoși ai peștilor cu schelet osos de peștii plați care stau pe burtă. Această speculație nu poate fi întregul adevăr, deoarece există unii pești cu schelet osos care au devenit plați în mod simetric, așa cum s-a întâmplat cu calcanul. Poate că strămoșii lor erau deja ușor aplatizați din alte motive.

Al doilea exemplu pe care vreau să-l dau legat de dezvoltarea evolutivă care nu a avut loc din pricina unor intermediari ce prezentau dezavantaje, chiar dacă în cele din urmă s-ar fi dovedit o soluție mai bună, se leagă de retina ochilor noștri (și ai tuturor vertebratelor). Ca orice nerv, nervul optic e un cablu multiplu, un mănunchi de conductori „izolați" separați, cam trei milioane. Fiecare dintre acești conductori leagă câte o celulă din retină de creier. Vă puteți gândi la ei ca la niște conductori care leagă o bancă de trei milioane de fotocelule (de fapt trei milioane de stații releu care strâng informația de la și mai multe celule) de un calculator care procesează informația în creier. Ei se adună de pe întreaga retină într-un singur mănunchi, care e nervul optic al acelui ochi.

Orice inginer ar presupune, fără îndoială, că fotocelulele sunt îndreptate spre lumină, iar conductorii care le leagă de creier, spre partea opusă. Ar râde dacă cineva i-ar spune că fotocelulele nu sunt îndreptate spre lumină, conductorii plecând din partea *cea mai apropiată* de lumină. Și totuși asta se întâmplă cu retina tuturor vertebratelor. Fiecare celulă fotosensibilă e legată invers, având axonul îndreptat spre partea cea mai apropiată de lumină. Conductorii trebuie să străbată suprafața retinei până în punctul în care intră în deschiderea din retină (așa-numita „pată oarbă") pentru a se uni în nervul optic. Asta înseamnă că lumina, în loc să ajungă nestingherită la fotocelule, trebuie să treacă printr-o pădure de fire, suferind probabil o anumită atenuare și distorsiune (de fapt nu foarte mare, dar *principiul* în sine l-ar revolta pe orice inginer cu minte ordonată!).

Nu cunosc explicația exactă a acestei bizare stări de lucruri. Perioada relevantă a evoluției ei e mult prea îndepărtată. Dar sunt gata să pariez că a avut de-a face cu traiectoria, cu drumul prin echivalentul real al Țării Biomorfelor care ar fi trebuit străbătut

pentru a aşeza retina aşa cum trebuie pornind de la organul ancestral care a precedat ochiul. Există probabil o asemenea traiectorie, dar când a fost realizată în corpurile animalelor intermediare acea traiectorie ipotetică s-a dovedit dezavantajoasă – dezavantajoasă numai temporar, dar asta a fost de ajuns. Intermediarii vedeau probabil chiar mai prost decât strămoşii lor imperfecţi şi nu era o consolare faptul că ei construiau o vedere mai bună pentru descendenţii lor îndepărtaţi! Ce contează e supravieţuirea aici şi acum.

„Legea lui Dollo" afirmă că evoluţia e ireversibilă. Acest lucru e frecvent confundat cu o mulţime de aberaţii idealiste privind caracterul inevitabil al progresului, cuplate adesea cu aberaţia ignorantă care susţine că evoluţia „violează legea a doua a termodinamicii" (cei care aparţin acelei jumătăţi a populaţiei educate care, conform romancierului C.P. Snow, ştie ce este „legea a doua" vor înţelege că nu e mai violată de evoluţie decât de creşterea unui copil). Nu există motive pentru care tendinţele generale ale evoluţiei să nu poată fi inversate. Dacă există o tendinţă de a se dezvolta coarne de cerb mari pentru un timp în evoluţie, poate urma la fel de bine o tendinţă către coarne mici. Legea lui Dollo este doar o afirmaţie privind improbabilitatea statistică de a urma de două ori exact aceeaşi traiectorie evolutivă (sau orice traiectorie *anume*) în ambele sensuri. Un singur pas mutaţional poate fi uşor inversat. Dar, pentru un număr mare de paşi mutaţionali, chiar şi în cazul biomorfelor cu cele nouă gene ale lor, spaţiul matematic al tuturor traiectoriilor posibile e atât de vast, încât probabilitatea ca două traiectorii să ajungă vreodată în acelaşi punct devine extrem de mică. Acest lucru e cu atât mai adevărat în cazul animalelor reale, care au un număr mult mai mare de gene. Nu e nimic misterios sau mistic în legea lui Dollo, şi nici nu e ceva care să poată fi „testat" în natură. Ea decurge pur şi simplu din legile elementare ale probabilităţilor.

Din exact acelaşi motiv, este extrem de improbabil ca exact aceeaşi cale evolutivă să fie vreodată străbătută de două ori. Şi este la fel de improbabil, din aceleaşi motive statistice, ca două

filiații să se întâlnească în același punct final pornind din puncte de plecare diferite.

E o mărturie zdrobitoare a forței selecției naturale faptul că în natura reală pot fi găsite numeroase exemple în care filiații independente par să conveargă, pornind din puncte diferite, către ceea ce seamănă mult cu un punct final comun. Dacă privim cu atenție vom descoperi – iar dacă nu descoperim, e îngrijorător – că această convergență nu e totală. Diferitele filiații își trădează originile independente în numeroase detalii. De pildă, ochii caracatiței sunt foarte asemănători cu ai noștri, dar prelungirile care pleacă de la fotocelule nu merg spre lumină, cum se întâmplă la noi. Ochii caracatiței sunt, din acest punct de vedere, mai „rezonabili" decât ai noștri. Ei au ajuns la aceeași destinație pornind dintr-un punct diferit. Iar faptul e demonstrat de detalii precum acesta.

Asemănările superficial convergente de acest tip sunt adesea izbitoare, iar în restul capitolului voi vorbi despre câteva dintre ele. Ele ne aduc cele mai impresionante dovezi privind puterea selecției naturale de a pune laolaltă proiectele bune. Dar faptul că proiecte superficial asemănătoare pot să și difere le trădează originile evolutive și istoriile diferite. Raționamentul de bază este că, dacă un proiect e suficient de bun pentru a evolua o dată, același principiu de proiectare e suficient de bun pentru a evolua de două ori, din puncte de plecare diferite, în diferite părți ale lumii animale. Acest lucru nu e nicăieri mai bine ilustrat decât în cazul pe care l-am folosit pentru a exemplifica ce înseamnă un proiect bun – ecolocația.

Cele mai multe lucruri pe care le știm despre ecolocație provin de la lilieci (și de la instrumentele umane), dar aceasta mai poate fi întâlnită și la alte grupuri neînrudite de animale. Cel puțin două grupuri diferite de păsări folosesc ecolocația, care a fost dusă la cel mai înalt nivel al perfecționării de delfini și balene. Mai mult, ecolocația a fost aproape sigur „descoperită" independent de două grupuri diferite de lilieci. Păsările care o folosesc sunt o specie din America de Sud, *guárachao*, și *Collocaria linchi* din Orientul Îndepărtat, cele ale căror cuiburi sunt folosite pentru supa de cuiburi

de pasăre*. Ambele tipuri de păsări își fac cuiburile în grote adânci în care lumina pătrunde puțin sau chiar deloc și navighează prin întuneric folosind ecourile sunetelor lor. În ambele cazuri sunetele sunt audibile pentru oameni, spre deosebire de ultrasunetele produse de lilieci. Într-adevăr, nici una dintre aceste specii de păsări nu pare să fi dezvoltat ecolocația într-un mod atât de sofisticat ca liliecii. Sunetele lor nu sunt modulate în frecvență și nici nu par potrivite pentru dispozitivul de măsurare a vitezei prin efect Doppler. Probabil că, la fel ca liliacul *Rousettus*, ele măsoară intervalul de liniște dintre fiecare sunet și ecoul lui.

În acest caz putem fi absolut siguri că cele două specii de păsări au inventat ecolocația independent de lilieci și independent una de alta. Raționamentul e unul utilizat frecvent de evoluționiști. Privind miile de specii de păsări putem observa că cele mai multe nu folosesc ecolocația. Doar două clase de păsări o folosesc și nu au nimic în comun una cu alta, exceptând faptul că ambele trăiesc în peșteri. Deși credem că păsările și liliecii trebuie să aibă un strămoș comun dacă le urmărim originile suficient de departe în timp, acest strămoș comun a fost și acela al tuturor mamiferelor (inclusiv noi) și al păsărilor. Marea majoritate a mamiferelor și păsărilor nu folosesc ecolocația și e foarte probabil ca nici strămoșul lor comun să n-o fi folosit (și nici să nu fi zburat – o altă tehnologie care a fost pusă la punct independent de mai multe ori). Ecolocația a fost dezvoltată independent de lilieci și de păsări, la fel cum a fost dezvoltată independent de cercetătorii britanici, americani și germani. Același tip de raționament, la o scară mai mică, duce la concluzia că strămoșul comun al speciilor *guárachao* și *Collocaria linchi* nu folosea nici el ecolocația, iar aceste două specii au descoperit tehnica separat.

---

* Supa de cuiburi de pasăre e o delicatesă a bucătăriei chinezești, unul dintre cele mai scumpe feluri de mâncare. Cuiburile comestibile aparțin câtorva specii de păsări, *Collocaria* și unele rude ale ei, sunt construite cu ajutorul salivei acestora și se consumă în China de mai bine de 400 de ani, cel mai frecvent sub formă de supă. (*N. t.*)

Nici printre mamifere liliecii nu sunt singurul grup care a dezvoltat tehnica ecolocației în mod independent. Mai multe tipuri diferite de mamifere, de exemplu șoarecii de câmp, șobolanii și focile, par să utilizeze ecourile într-o oarecare măsură, dar singurele capabile să rivalizeze cu liliecii în perfecționarea tehnicii sunt balenele. Balenele se împart în două mari grupuri, balenele cu dinți și balenele cu fanoane. Ambele, desigur, sunt mamifere descinzând din strămoși care trăiau pe uscat și probabil că au „inventat" în mod independent și separat acest tip de viață, pornind de la strămoșii lor terestri. Printre balenele cu dinți se numără cașalotul, balena ucigașă și diferitele specii de delfini, toți vânând prăzi relativ mari precum peștii și calmarii, pe care le pot cuprinde cu fălcile. Câteva tipuri de balene cu dinți, dintre care doar delfinii au fost foarte bine studiați, și-au dezvoltat în cap echipamente sofisticate de ecolocație.

Delfinii emit șiruri de sunete înalte, unele audibile pentru noi, altele ultrasunete. Probabil că „pepenele", protuberanța de pe fruntea delfinului, care arată – frumoasă coincidență – precum cupola ciudată a unui radar de pe un avion de supraveghere Nimrod, are legătură cu emiterea semnalelor radar, dar funcționarea lui nu e încă pe deplin înțeleasă. Ca și liliecii, ei folosesc un „ritm de croazieră" relativ lent al sunetelor, care crește brusc până la unul foarte rapid (400/secundă) la apropierea de o pradă. Chiar și „ritmul de croazieră" e destul de rapid. Delfinii de râu care trăiesc în ape mâloase sunt probabil cei mai înzestrați ecolocatori, dar și unii delfini de mare s-au dovedit destul de rapid. Un delfin de Atlantic poate deosebi cercuri, pătrate și triunghiuri (toate având aceeași arie) doar cu ajutorul sonarului. Poate stabili care dintre două ținte e mai apropiată, atunci când diferența este de doar 3 cm, de la o distanță de aproximativ 7 m. Poate detecta o sferă de oțel de dimensiunea unei mingi de golf de la o distanță de 70 m. Aceste performanțe nu le egalează pe cele ale văzului uman în lumină bună, dar le depășesc probabil pe cele ale văzului uman la lumina lunii.

Despre delfini s-a lansat interesanta ipoteză că ar putea comunica între ei fără efort transmițându-și „imagini mentale". Tot ce

ar avea de făcut ar fi să-şi folosească vocea pentru a mima modelul de sunet care ar fi produs de ecoul provenind de la un anumit obiect. În acest fel ei şi-ar putea transmite imagini mentale ale obiectului respectiv. Nu există dovezi în această privinţă. Teoretic, şi liliecii ar putea face acelaşi lucru, dar delfinii par a fi candidaţi mai buni pentru că sunt mult mai sociabili. Ei sunt probabil şi mai „deştepţi", dar acesta nu e neapărat un lucru relevant. Instrumentele care ar fi necesare pentru a comunica eco-imagini nu sunt mai sofisticate decât cele pe care le posedă liliecii şi delfinii pentru ecolocaţie. Şi s-ar părea că există un spectru continuu gradat uşor de parcurs între utilizarea vocii pentru a produce ecouri şi folosirea ei pentru a mima ecourile.

Aşadar, cel puţin două specii de lilieci, două de păsări, balenele cu dinţi şi probabil alte câteva tipuri de mamifere într-o mai mică măsură au avut ca punct de întâlnire tehnica sonarului, undeva în cursul ultimei sute de milioane de ani. Nu avem de unde să ştim dacă nu cumva şi alte animale, acum dispărute – poate pterodactilii? –, şi-au dezvoltat independent, la rândul lor, această tehnică.

Nu se ştie până acum ca vreo insectă sau vreun peşte să folosească sonarul, dar există două specii diferite de peşti, una în America de Sud şi alta în Africa, la care s-a dezvoltat un sistem de navigaţie oarecum asemănător, care pare să fie aproape la fel de sofisticat şi poate fi considerat o soluţie înrudită, dar diferită, la aceeaşi problemă. Aceştia sunt aşa-numiţii peşti slab electrici. Cuvântul „slab" e folosit pentru a-i deosebi de peşti puternic electrici, care folosesc câmpuri electrice nu pentru navigaţie, ci pentru a-şi paraliza prada. Tehnica de paralizare, în paranteză fie spus, s-a dezvoltat şi ea independent la câteva grupuri neînrudite de peşti, de exemplu la „ţiparii" electrici (care nu sunt cu adevărat ţipari, dar forma lor seamănă cu a ţiparilor) şi la calcanii electrici.

Peştii slab electrici din America de Sud şi Africa sunt destul de îndepărtaţi ca specii, dar ambele grupuri trăiesc în acelaşi tip de apă pe continentele lor, prea mâloasă pentru a vedea bine. Principiul fizic pe care îl folosesc ei – câmpuri electrice în apă – ne este şi mai străin decât cel inventat de lilieci şi delfini. Noi cel

puțin avem o idee subiectivă asupra ecoului, dar nu avem aproape nici una despre cum ar fi să percepi un câmp electric. Nici măcar nu cunoșteam existența electricității până acum vreo două sute de ani. Nu putem empatiza cu peștii electrici ca oameni subiectivi, dar putem să-i înțelegem ca ființe.

Când mâncăm un pește e ușor să observăm că musculatura de pe fiecare parte e aranjată în rânduri de segmente, o *baterie* de unități musculare. În cazul celormai mulți pești ele se contractă succesiv pentru a produce mișcări sinusoidale ale corpului care îl propulsează. În cazul peștilor electrici, ele devin baterii în sensul electric al cuvântului. Fiecare segment („celulă") al bateriei generează o tensiune electrică. Aceste tensiuni sunt conectate în serie pe lungimea peștelui așa încât, în cazul unui pește puternic electric cum este țiparul electric, întreaga baterie poate genera chiar 1 amper la 650 de volți. Un țipar electric e suficient de puternic pentru a doborî un om. Peștii slab electrici nu au nevoie de tensiuni mari pentru scopurile lor, care se rezumă la culegerea de informații.

Principiul electrolocației, așa cum a fost numit, e destul de bine înțeles la nivel fizic, dar desigur nu putem ști cum e să fii pește electric. Următoarea explicație e valabilă deopotrivă pentru peștii slab electrici din America de Sud și din Africa: convergența e desăvârșită. Curentul trece din jumătatea frontală a peștelui în apă, sub formă de linii care se curbează și revin apoi spre capătul dinspre coadă al peștelui. Nu sunt „linii" discontinue, ci e un „câmp" continuu, un cocon invizibil de electricitate care înconjoară corpul peștelui. Dar pentru vizualizare e mai simplu să ne închipuim un ansamblu de linii curbe care părăsesc peștele printr-o serie de hublouri dispuse de-a lungul jumătății anterioare a corpului, se curbează în apă și se întorc la pește prin vârful cozii. Peștele are un fel de voltmetru mic la ieșirea fiecărui „hublou". Dacă peștele nu are obstacole în jur, liniile sunt curbe netede. Micile voltmetre de la hublouri înregistrează că voltajul e „normal" pentru fiecare dintre ele. Dacă însă în vecinătate apare un obstacol, de pildă o piatră sau ceva ce poate fi hrană, liniile de curent care lovesc obstacolul se vor schimba. Acest lucru va modifica voltajul la acel hublou

a cărui linie de curent e afectată, iar voltmetrul va înregistra faptul. Aşadar teoretic un calculator ar putea, prin compararea variaţiilor tensiunilor înregistrate de voltmetre în toate hublourile, să calculeze modelul obstacolelor din jurul peştelui. Ceea ce se pare că şi face creierul peştelui. Încă o dată, asta nu înseamnă că peştii sunt matematicieni inteligenţi. Ei au un aparat care rezolvă ecuaţiile necesare, aşa cum creierul nostru rezolvă inconştient ecuaţii ori de câte ori prindem o minge.

E foarte important ca peştele să-şi păstreze corpul perfect rigid. Calculatorul din capul lui nu ar putea face faţă unor distorsiuni suplimentare care ar apărea în corpul lui dacă s-ar îndoi şi ar şerpui ca un peşte obişnuit. Peştii electrici au ajuns să stăpânească, de cel puţin două ori independent, această ingenioasă tehnică de navigaţie, dar au plătit un preţ pentru asta: au fost nevoiţi să renunţe la metoda normală şi foarte eficientă de înot a peştilor, care presupune unduirea corpului. Au rezolvat problema menţinându-şi corpul rigid ca un vătrai, dar au o aripioară lungă întinsă pe toată lungimea acestuia. Aşa încât, în loc să se unduiască tot corpul, se unduieşte numai aripioara. Peştele se deplasează destul de încet prin apă, dar se deplasează, şi s-ar părea că sacrificarea unei mişcări mai rapide a meritat: câştigurile în materie de navigaţie par să depăşească pierderile de viteză. E fascinant să observăm că peştii electrici sud-americani au găsit aceeaşi soluţie ca cei africani, dar nu exact aceeaşi. Diferenţa e edificatoare. Ambele grupuri şi-au dezvoltat o aripioară care se întinde pe toată lungimea corpului, dar la peştii africani se află pe spate, în timp ce la cei sud-americani se află pe burtă. Acest gen de diferenţă de detaliu e caracteristică evoluţiei convergente, după cum am văzut. E caracteristică şi proiectelor convergente ale inginerilor noştri, desigur.

Deşi majoritatea peştilor slab electrici din grupurile african şi sud-american produc descărcări electrice în pulsuri discontinue şi sunt numite specii „puls", o minoritate de specii din ambele grupuri face acest lucru într-un mod diferit, fiind numite specii „undă". Nu voi prezenta diferenţa în detaliu. Interesant pentru acest capitol

e faptul că separarea puls/undă a evoluat de două ori, independent, în grupuri neînrudite din Lumea Nouă și din Lumea Veche.

Unul dintre cele mai stranii exemple de evoluție convergentă pe care le cunosc se leagă de așa-numiții greieri periodici. Înainte de a ajunge la convergență trebuie să dau câteva informații elementare. Multe insecte traversează stadii net diferite, primul juvenil, de creștere, care le ocupă aproape toată viața, și un stadiu adult reproductiv, relativ scurt. Muștele efemere, de exemplu, își petrec cea mai mare parte a vieții sub apă, sub formă de larve, apoi ies la suprafață pentru o singură zi în care își petrec întreaga viață adultă. Putem considera adultul ca o sămânță efemeră cu aripi a unei plante precum platanul, cu diferența că platanul produce multe semințe și le lasă să se răspândească timp de mai mulți ani, în vreme ce larva de muscă dă naștere doar unui singur adult la sfârșitul vieții ei. Oricum, greierii periodici au împins la extrem modelul muștei efemere. Adulții trăiesc câteva săptămâni, dar stadiul „juvenil" (de fapt, e vorba de „nimfe", nu de larve) durează 13 (la unele varietăți) sau 17 ani (la alte varietăți). Adulții ies la lumină în exact același timp, după ce au petrecut 13 sau 17 ani sub pământ. Invaziile de greieri, care apar în orice zonă la intervale precise de 13 sau 17 ani, sunt erupții spectaculoase care au făcut să fie botezați incorect „lăcuste" în America. Speciile se numesc greieri de 13 și, respectiv, de 17 ani.

Iată acum lucrul cu adevărat remarcabil. Se pare că nu există doar specii de 13 ani și specii de 17 ani. Există trei specii, fiecare având varietăți sau rase de 13 și de 17 ani. Separarea raselor de 13 și de 17 ani a avut loc independent, de nu mai puțin de trei ori. De ce? Se pare că perioadele intermediare de 14, 15 și 16 ani au fost convergent ocolite de nu mai puțin de trei ori. De ce? Nu se știe. Singurul indiciu privind statutul special al numerelor 13 și 17, în raport cu 14, 15 și 16, e faptul că sunt numere prime. Un număr prim e indivizibil. Ideea este că o rasă de animale care „erup" periodic are avantajul de a-și „copleși" și înfometa alternativ inamicii, prădătorii și paraziții. Iar dacă aceste invazii sunt atent controlate în timp pentru a apărea la un număr impar de ani, devine

mult mai greu pentru inamici să-şi sincronizeze propriile lor cicluri de viaţă. Dacă greierii ar apărea la fiecare 14 ani, de exemplu, ar putea fi exploataţi de o specie de paraziţi cu ciclul de viaţă de 7 ani. E o idee bizară, dar nu mai bizară decât fenomenul în sine. Noi chiar nu ştim ce e atât de deosebit la intervalele de 13 şi 17 ani. Ceea ce contează pentru scopurile noastre e faptul că trebuie să fie *ceva* deosebit la aceste numere, dat fiind că trei specii diferite de greieri au ajuns la ele în mod independent.

Exemple de convergenţă la scară mare apar atunci când două sau mai multe continente sunt izolate o perioadă lungă de timp, iar animale neînrudite de pe aceste continente adoptă unele „îndeletniciri" în paralel. Prin „îndeletniciri" vreau să spun moduri de viaţă, cum ar fi săpatul după viermi, după furnici, vânarea ierbivorelor mari, mâncatul frunzelor din copaci. Un bun exemplu de evoluţie convergentă este întreaga gamă de obiceiuri ale mamiferelor de pe continente separate: America de Sud, Australia şi Lumea Veche.

Aceste continente nu au fost întotdeauna separate. Dat fiind că vieţile noastre se măsoară în decenii, iar civilizaţiile şi dinastiile noastre, doar în secole, ne-am obişnuit să ne gândim că harta lumii şi graniţele continentelor sunt fixe. Teoria conform căreia continentele s-au separat a fost propusă cu mult timp în urmă de geofizicianul german Alfred Wegener, dar multă lume a râs de el până după al Doilea Război Mondial. Faptul recunoscut că America de Sud şi Africa par două piese de puzzle care se potrivesc a fost privit doar ca o coincidenţă amuzantă. Graţie uneia dintre cele mai rapide şi complete revoluţii pe care le-a cunoscut ştiinţa, anterior controversata teorie a „derivei" continentelor este acum unanim acceptată sub numele de tectonica plăcilor. Dovezile privind deriva continentelor, că America de Sud s-a desprins într-adevăr de Africa, de exemplu, sunt copleşitoare, dar aceasta nu e o carte de geologie şi nu vreau să insist. Pentru noi important este că deplasarea continentelor e un proces la fel de lent ca acela în care au evoluat grupele de animale şi că nu putem ignora deriva continentelor dacă vrem să înţelegem tiparele evoluţiei animale pe aceste continente.

Până acum 100 de milioane de ani, America de Sud era unită cu Africa la est și cu Antarctica la sud. Antarctica era unită cu Australia, iar India era unită cu Africa prin Madagascar. Era vorba de fapt de un singur continent sudic uriaș, numit Gondwana, format din ceea ce sunt acum America de Sud, Africa, Madagascar, India, Antarctica și Australia, toate la un loc. Mai exista și un singur mare continent nordic numit Laurasia, format din ceea ce sunt acum America de Nord, Groenlanda, Europa și Asia (fără India). America de Nord nu era legată de America de Sud. Acum aproximativ 100 de milioane de ani a apărut o fisură în masele de uscat, iar continentele au început să se deplaseze încet spre pozițiile lor actuale (și vor continua desigur să se deplaseze și în viitor). Africa s-a unit cu Asia prin Arabia și a devenit parte a uriașului continent pe care îl numim Lumea Veche. America de Nord s-a îndepărtat de Europa, Antarctica s-a dus spre sud, spre locul înghețat în care se află acum. India s-a despărțit de Africa și s-a deplasat peste ceea ce numim acum Oceanul Indian, iar în cele din urmă s-a izbit de Asia și a creat Munții Himalaya. Australia s-a desprins de Antarctica și a ajuns în largul oceanului, devenind un continent insular la distanță mare de restul lumii.

S-a întâmplat ca ruperea marelui continent sudic Gondwana să înceapă în epoca dinozaurilor. Când America de Sud și Australia s-au desprins și au început lungile perioade de izolare față de restul lumii, fiecare a plecat cu propria sa încărcătură de dinozauri și de animale mai puțin spectaculoase care au devenit strămoșii mamiferelor moderne. Mai târziu, când, din motive care nu sunt înțelese și care au fost subiectul a numeroase ipoteze, dinozaurii (cu excepția grupului pe care acum îl numim păsări) au dispărut, ei au dispărut din întreaga lume. Aceasta a dus la apariția unui gol în „îndeletniciri", deschis către animalele de uscat. Golul a fost umplut, într-o perioadă de milioane de ani de evoluție, predominant de mamifere. Interesant pentru noi e faptul că au existat trei goluri independente unul de altul, umplute independent de mamifere în Australia, America de Sud și Lumea Veche.

Mamiferele primitive care se aflau prin preajmă în cele trei spații când dinozaurii au lăsat mai mult sau mai puțin libere cele mai importante stiluri de viață erau mai degrabă mici și insignifiante, probabil nocturne, până atunci eclipsate și dominate de dinozauri. Ele puteau evolua în direcții foarte diferite în cele trei zone. Până la un anumit punct așa s-a și întâmplat. Nu există nimic în Lumea Veche care să semene cu leneșul gigant din America de Sud, specie acum dispărută, din păcate. Printre numeroasele mamifere sud-americane se număra un porc de Guineea gigant, acum dispărut, de mărimea unui rinocer actual, dar din clasa rozătoarelor (a trebuit să spun rinocer „actual" deoarece fauna Lumii Vechi cuprindea și un rinocer gigant de dimensiunile unei clădiri cu două etaje). Dar, deși fiecare continent în parte a produs mamifere specifice, tiparul general al evoluției în cele trei zone a fost același. În cele trei zone mamiferele care se găseau prin preajmă au început să evolueze și au produs specialiști în fiecare „îndeletnicire", în multe cazuri semănând remarcabil cu corespondenții lor din celelalte două zone geografice. Fiecare îndeletnicire, scormonirea, vânătoarea, păscutul și așa mai departe, a fost subiectul evoluției convergente independente pe două sau trei continente separate. În afară de aceste trei locuri principale de evoluție independentă, insule mai mici precum Madagascarul au istorii paralele interesante, asupra cărora nu voi insista.

Lăsând la o parte straniile mamifere australiene care clocesc ouă – ornitorincul cu cioc de rață și furnicarul țepos –, toate mamiferele moderne fac parte din două grupuri mari. Acestea sunt marsupialele (ale căror pui sunt foarte mici la naștere și trebuie ținuți într-un buzunar special) și placentarele (toate celelalte). Marsupialele au ajuns să domine istoria Australiei și placentarele Lumea Veche, iar ambele au evoluat în paralel, jucând roluri importante, în America de Sud. Povestea Americii de Sud e complicată de faptul că a fost subiectul unor valuri sporadice de invazii ale mamiferelor din America de Nord.

După ce am văzut cum arată decorul, ne putem îndrepta atenția către unele îndeletniciri și convergențe. O îndeletnicire importantă

se leagă de exploatarea marilor întinderi de câmpie cunoscute sub numele de prerii, pampasuri ori savane. Printre animalele care practică această îndeletnicire se numără caii (principalele specii africane se numesc zebre, iar cele de deșert, asini) și vitele, cum sunt bizonul nord-american, acum pe cale de dispariție din cauza vânatului excesiv. Ierbivorele au de obicei intestine foarte lungi care conțin diferite tipuri de bacterii fermentescibile, deoarece iarba e un aliment de calitate proastă și are nevoie de o digestie îndelungată. În loc să mănânce în porții separate, cele mai multe mănâncă mai mult sau mai puțin continuu. Cantități uriașe de plante curg prin ele ca un râu, cât e ziua de lungă. Animalele sunt de obicei foarte mari și alcătuiesc cirezi numeroase. Fiecare dintre aceste ierbivore mari este un munte de hrană prețioasă pentru orice prădător care îl poate exploata. În conștiință a apărut, după cum vom vedea, o nouă îndeletnicire dedicată dificilei sarcini de prindere și ucidere a lor, cea de prădător. De fapt, când spun „îndeletnicire", mă gândesc la o întreagă serie de „subîndeletniciri": lei, leoparzi, gheparzi, câini sălbatici și hiene care vânează fiecare în felul său specializat. Același tip de subdiviziune se găsește la ierbivore, ca și în toate celelalte „îndeletniciri".

Ierbivorele au simțuri ascuțite aflate în alertă permanentă împotriva prădătorilor și de regulă pot alerga foarte repede pentru a scăpa de ei. În acest scop și-au dezvoltat picioare adesea foarte lungi și fusiforme, alergând pe vârful degetelor, care evolutiv au devenit foarte lungi și puternice. Unghiile de la capetele acestor degete specializate s-au mărit și întărit, noi numindu-le copite. Vitele au câte două degete mari la extremitățile fiecărui picior: bine cunoscutele copite „despicate". Caii au făcut în linii mari același lucru, cu excepția faptului că, probabil din cauza vreunui accident istoric, aleargă numai pe un deget în loc de două. El derivă din ceea ce era odată degetul mijlociu dintre cele cinci. Celelalte degete au dispărut aproape complet în timp, deși reapar ocazional în „reminiscențe" stranii.

America de Sud, după cum am văzut, a fost izolată în epoca în care caii și vitele au evoluat în alte părți ale lumii. Însă America

de Sud are propriile pășuni mari și și-a crescut propriile grupuri de ierbivore mari care să folosească aceste resurse. Erau dihănii masive asemănătoare rinocerilor, dar fără legătură cu aceștia. Craniile unor străvechi ierbivore sud-americane sugerează că acestea au „inventat" trompa independent de adevărații elefanți. Unele seamănă cu cămilele, altele nu seamănă cu nimic din lumea de acum sau seamănă cu himerele animalelor moderne. Grupul numit liptoterne seamănă incredibil cu caii în privința picioarelor, dar nu există nici o înrudire. Asemănarea superficială i-a amăgit pe cercetătorii argentinieni din secolul al XIX-lea, care au crezut, cu o pardonabilă mândrie națională, că liptoternele a fi putut fi strămoșii cailor din întreaga lume. De fapt, asemănarea cu caii era superficială și convergentă. Viața de câmpie e cam la fel în întreaga lume, iar caii și liptoternele și-au dezvoltat independent aceleași însușiri pentru a face față modului de viață ierbivor. În particular, liptoternele, ca și caii, și-au pierdut toate degetele, cu excepția celui din mijloc, care s-a mărit precum o gleznă și a format o copită. Piciorul unui liptotern este aproape identic cu cel al unui cal, dar cele două animale sunt doar vag înrudite.

În Australia ierbivorele și rozătoarele mari sunt foarte diferite – cangurii. Cangurii au aceeași nevoie de a se mișca rapid, dar o fac în alt fel. În loc să-și dezvolte patru picioare precum caii (și liptoternele), cu care să galopeze spre culmile perfecțiunii, cangurii au perfecționat un alt mod de a umbla: salturi pe două picioare și o coadă mare care se balansează. Nu are rost să ne punem problema care dintre cele două tipuri de mers e mai „bun". Fiecare e foarte eficient atunci când corpul se dezvoltă adecvat pentru a-l folosi. S-a întâmplat ca liptoternele și caii să folosească galopul pe patru picioare, iar astfel au căpătat picioare aproape identice. Cangurii s-a întâmplat să folosească salturile pe două picioare și au căpătat ansamblul unic (cel puțin de la dinozauri încoace) de două picioare pe care merg și o coadă masivă. Cangurii și caii au ajuns la destinații diferite în „spațiul animal", poate din pricina unor diferențe accidentale în punctele lor de pornire.

Să ne întoarcem acum la carnivorele de care fugeau ierbivorele, și vom găsi convergențe și mai fascinante. În Lumea Veche suntem obișnuiți cu vânătorii mari precum lupii, câinii, hienele și felinele mari – leii, tigrii, leoparzii și gheparzii. O felină mare dispărută recent este dintele-sabie („tigru"), numit așa după imenșii canini ce ieșeau din maxilarul superior al unei guri care era probabil înfricoșătoare. Până în timpurile noastre nu existau canide și felide veritabile în Australia și în Lumea Nouă (pumele și jaguarii au evoluat recent din felinele Lumii Vechi). Dar pe ambele continente existau echivalente marsupiale ale acestora. În Australia thylacinul sau „lupul" marsupial (numit adesea lup tasmanian pentru că a supraviețuit în Tasmania ceva mai mult decât în Australia) a fost complet exterminat, măcelărit în masă ca „dăunător" și în scopuri „sportive" (există slabe speranțe că ar fi supraviețuit în părți îndepărtate ale Tasmaniei, ele însele amenințate cu dispariția pentru a se crea „locuri de muncă" pentru oameni). El nu trebuie confundat cu câinele dingo, care e un câine veritabil, adus în Australia mai recent de om (aborigeni). Un film realizat în anii '30 despre ultimul thylacin cunoscut, care se plimba înainte și înapoi fără încetare în cușca de la grădina zoologică, arată un animal neobișnuit, asemănător cu un câine, natura sa marsupială nefiind trădată decât de modul ușor diferit de al câinelui de a-și purta pelvisul și picioarele din spate, probabil din cauza marsupiului. Pentru orice iubitor de câini, gândul la această abordare alternativă a proiectului câinelui, această călătorie evoluționistă pe un drum paralel la distanță de 100 de milioane de ani, acest câine parțial familiar, parțial străin e o experiență emoționantă. Poate că au fost o pacoste pentru oameni, dar oamenii au fost o pacoste și mai mare pentru ei; acum nu au mai rămas thylacini, iar oamenii proliferează.

Nici în America de Sud nu au existat canide și felide veritabile în timpul lungii perioade de izolare despre care am vorbit, dar, ca și în Australia, au existat marsupiale echivalente. Probabil că cel mai spectaculos era *Thylacosmilus*, care semăna cu recent dispărutul dinte-sabie din Lumea Veche, dar avea trăsături și mai accentuate. Gura lui, din care ieșeau adevărate pumnale, era încă mai

mare și, îmi imaginez, mai înfricoșătoare. Numele său trădează afinitatea superficială cu dintele-sabie (*Smilodon*) și cu lupul tasmanian (*Thylacinus*), dar în privința originii e foarte îndepărtat de cei doi. Este ceva mai apropiat de thylacin, dat fiind că ambii sunt marsupiale, dar și-au dezvoltat tiparul de carnivore mari independent, pe continente diferite; independent unul de altul și de carnivorele placentare, veritabilele canide și felide din Lumea Veche.

Australia, America de Sud și Lumea Veche oferă numeroase alte exemple de evoluție convergentă multiplă. Australia are o „cârtiță" marsupială, la o privire superficială aproape indiscernabilă de cârtițele obișnuite de pe alte continente, dar cu marsupiu, trăind în același fel ca celelalte cârtițe și având aceleași membre anterioare puternice specializate în săpat. Există un șoarece marsupial în Australia, deși în acest caz asemănarea nu e atât de mare, iar modul de viață e diferit. Mâncatul furnicilor (aici, „furnicile" includ prin convenție și termitele – o altă convergență, după cum vom vedea) este o „îndeletnicire" practicată de diferite mamifere convergente. Ele pot fi împărțite în mâncători de furnici care sapă vizuini, mâncători de furnici care se cațără în copaci și mâncători de furnici care se deplasează pe sol. În Australia, după cum ne așteptam, există un mâncător de furnici (furnicar) marsupial. Numit *Myrmecobius*, el are un bot lung și subțire cu care sapă în mușuroaiele termitelor și o limbă adezivă și lungă cu care își prinde prada. Este un mâncător de furnici care trăiește pe sol. Australia are și un furnicar care sapă vizuini. Nu e marsupial, ci aparține grupului de mamifere care clocesc ouă, monotremele, atât de îndepărtate de noi, încât marsupialele, prin comparație, ne pot părea veri primari. Și furnicarul spinos are botul lung și ascuțit, dar țepii lui îl fac să semene superficial cu ariciul mai mult decât cu un alt furnicar tipic.

America de Sud ar fi putut avea și ea un furnicar marsupial, pe lângă „tigrul" marsupial dinte-sabie, dar s-a întâmplat ca îndeletnicirea mâncatului de furnici să fie preluată de timpuriu de mamifere placentare. Cel mai mare furnicar din zilele noastre este *Myrmecophaga* (care înseamnă chiar mâncător de furnici în limba

greacă), marele furnicar suprateran al Americii de Sud și probabil cel mai mare specialist în vânătoarea de furnici din lume. Ca și marsupialul australian *Myrmecobius*, are un bot lung și ascuțit, extrem de lung și de ascuțit în acest caz, și o limbă extrem de lungă și adezivă. America de Sud are și un furnicar care se cațără în copaci, rudă apropiată cu *Myrmecophaga*, care arată ca o miniatură și o versiune mai puțin exagerată a acestuia, precum și o a treia formă, intermediară. Deși mamifere placentare, acești furnicari sunt foarte îndepărtați de placentarele Lumii Vechi. Ei aparțin unei familii sud-americane unice, în care intră armadillii și leneșii. Această străveche familie placentară a coexistat cu marsupialele încă de la începuturile izolării continentului.

Printre furnicarii Lumii Vechi se numără diferite specii de pangolini din Africa și Asia, de la forme de cățărători în copaci până la forme de săpători, toți arătând precum conurile de brad și având boturi ascuțite. Și în Africa există ursul furnicar sau aardvark-ul, care e parțial specializat în săpat. O trăsătură caracteristică a tuturor furnicarilor, fie ei marsupiali, monotreme sau placentari, este ritmul metabolic extrem de scăzut. Ritmul metabolic este ritmul de ardere a substanțelor chimice, cel mai ușor de măsurat prin temperatura sângelui. Se pare că în general ritmul metabolismului la animale depinde de dimensiunea corpului. Animalele mici au de obicei un ritm metabolic mai ridicat, la fel cum motoarele mașinilor mici sunt turate mai mult decât cele ale mașinilor mari. Însă unele animale au ritmuri metabolice ridicate pentru dimensiunile lor, iar furnicarii, indiferent de origini și asemănări, au ritmuri metabolice foarte scăzute pentru dimensiunile lor. Nu e evident de ce, dar e izbitor de convergent la animale care nu au nimic în comun în afara obiceiului de a mânca furnici – și se leagă aproape sigur de acest obicei.

După cum am văzut, „furnicile" pe care le mănâncă furnicarii sunt adesea nu furnici obișnuite, ci termite. Termitele sunt numite în mod curent „furnici albe", dar sunt mai curând înrudite cu gândacii de bucătărie decât cu furnicile, care sunt înrudite cu albinele și viespile. Termitele seamănă la o privire superficială cu furnicile

pentru că au adoptat în mod convergent aceleaşi obiceiuri. Acelaşi set de obiceiuri, ar trebui să spun, pentru că există multe ramuri diferite ale îndeletnicirii furnicilor/termitelor, iar ambele le-au adoptat în mod independent. Ca în multe cazuri de evoluţie convergentă, diferenţele sunt la fel de grăitoare ca şi asemănările.

Atât furnicile, cât şi termitele trăiesc în colonii mari formate predominant din lucrători sterili şi fără aripi, aflaţi în slujba producţiei eficiente de caste reproductive înaripate care vor zbura apoi din cuib pentru a forma noi colonii. O diferenţă interesantă este dată de faptul că la furnici toţi lucrătorii sunt femele sterile, în timp ce la termite sunt masculi sterili şi femele sterile. Ambele tipuri de colonii au o „regină" (uneori mai multe) de dimensiuni groteşti. În ambele grupuri, printre lucrători pot exista caste specializate precum soldaţii. Uneori aceştia sunt maşinării războinice extrem de specializate, cu fălci imense (în cazul furnicilor, şi „turele de avion" pentru războiul chimic în cazul termitelor), dar sunt incapabili să se hrănească singuri, această sarcină revenind lucrătorilor de rând. Anumite specii de furnici au drept corespondent paralel anumite specii de termite. De exemplu, obiceiul cultivării de ciuperci a apărut independent la furnici (în Lumea Nouă) şi la termite (în Africa). Furnicile (sau termitele) forează pentru a găsi un material vegetal pe care nu îl pot digera, dar pe care îl transformă în compost pe care cultivă ciuperci. Ele se hrănesc cu aceste ciuperci. Ciupercile, în ambele cazuri, cresc chiar în muşuroaiele furnicilor, respectiv termitelor. Obiceiul cultivării ciupercilor a fost descoperit independent şi convergent (de mai multe ori) şi de câteva specii de cărăbuşi.

Există convergenţe interesante şi între furnici. Deşi cele mai multe colonii de furnici se stabilesc în muşuroaie fixe, se pare că unele duc o viaţă rătăcitoare, formând imense armate puse pe jaf. Acest obicei se numeşte „legionar". Toate furnicile ies afară din muşuroi şi sapă, dar cele mai multe se întorc la muşuroaiele lor cu prăzile pe care le iau, iar regina şi progeniturile rămân înăuntru. Pe de altă parte, cheia hoinărelilor legionare stă în faptul că armatele iau cu ele regina şi progeniturile. Larvele şi ouăle sunt purtate

în fălci de către lucrători. În Africa, obiceiul legionar a fost dezvoltat de așa-numitele furnici-vizitiu. În America Centrală și de Sud, „furnicile-soldat" sunt foarte asemănătoare cu furnicile-vizitiu în privința obiceiurilor și aspectului exterior. Nu sunt rude apropiate. Și-au dezvoltat cu siguranță îndeletnicirea „soldățească" în mod independent și convergent.

Atât furnicile-vizitiu, cât și furnicile-soldat au colonii excepțional de mari, până la un milion de indivizi în cazul furnicilor-soldat și până la 20 de milioane în cazul furnicilor-vizitiu. Ambele au faze nomade alternând cu faze „staționare" și locuri de popas sau „bivuace" relativ stabile. Furnicile-soldat și furnicile-vizitiu, sau mai degrabă coloniile lor considerate în ansamblu ca unități de tip amibă, sunt prădători nemiloși în junglele în care trăiesc. Ambele grupuri taie în bucăți orice animal le iese în cale și ambele au un renume cumplit în teritoriile lor. Țăranii din unele zone ale Americii de Sud au obiceiul de a-și evacua satele cu cățel și cu purcel la apropierea unei armate mari și de a se întoarce după ce aceasta a trecut peste ținutul lor, curățând orice picior de gândac, păianjen și scorpion chiar și de pe acoperișurile din stuf. Îmi amintesc că, pe când eram copil în Africa, îmi era mai frică de furnicile-vizitiu decât de lei sau de crocodili. Merită să subliniem această formidabilă reputație citându-l pe Edward O. Wilson, cea mai mare autoritate în domeniul furnicilor și autor al *Sociobiologiei*:

> La întrebarea care mi se pune cel mai des în privința furnicilor pot da următorul răspuns: Nu, furnicile-vizitiu nu sunt chiar teroarea junglei. Deși colonia de furnici-vizitiu e un „animal" care cântărește 20 kg și posedă cam 20 de milioane de guri și țepi și este cu siguranță cea mai teribilă creație a lumii insectelor, nu e totuși pe măsura înfiorătoarelor povești care se spun despre ea. La urma urmei, colonia nu poate acoperi mai mult de un metru pătrat de teren la fiecare trei minute. Orice șoarece de câmp abil, ca să nu mai vorbim de om sau de elefant, se poate da la o parte și contempla în voie frenezia ce se desfășoară la firul ierbii, mai curând spectaculoasă decât amenințătoare, apogeul unei povești evolutive diferite de a mamiferelor, pe cât pot fi două lucruri diferite pe lumea asta.

Ca adult, în Panama, am contemplat echivalentul din Lumea Nouă al furnicilor-vizitiu, de care mă temeam în copilărie în Africa, trecând pe lângă mine ca un râu zgomotos, şi vă pot spune că a fost o experienţă stranie şi minunată. Ore în şir legiunile mărşăluiau, mergând atât pe spinările semenilor, cât şi pe pământ, în timp ce eu aşteptam să văd regina. În cele din urmă şi-a făcut apariţia. Era imposibil să-i vezi corpul. Se vedea doar un val mişcător de lucrători, o bilă peristaltică, în fierbere, de furnici cu membrele unite. Se afla undeva în mijlocul acelei bile mişcătoare de lucrători, iar în jur erau concentraţi soldaţii cu fălcile îndreptate ameninţător spre exterior, fiecare pregătit să omoare şi să moară pentru a-şi apăra regina. Fie-mi iertată curiozitatea de a o vedea: am lovit cu vârful unui băţ bila de lucrători, aşteptând în zadar s-o părăsească pe regină. În acea clipă 20 de soldaţi şi-au înfipt cleştii masivi în băţul meu, iar alte zeci se urcau pe el, ceea ce m-a făcut să-l las imediat deoparte.

Nu am reuşit să zăresc regina, dar se afla cu siguranţă undeva în interiorul bilei fremătătoare, ca o bancă centrală de date, depozitul de ADN al întregii colonii. Aceşti soldaţi erau pregătiţi să moară pentru regină, nu pentru că îşi iubeau mama, nu pentru că ar fi fost însufleţiţi de vreun ideal patriotic, ci doar pentru că creierele şi fălcile lor fuseseră construite de gene imprimate de matriţa purtată de regina însăşi. Ei se purtau ca nişte bravi soldaţi pentru că moşteniseră genele unei lungi linii de regine străvechi ale căror vieţi şi gene fuseseră salvate de soldaţi la fel de bravi ca ei. Soldaţii mei moşteniseră aceleaşi gene de la regina lor, aşa cum vechii soldaţi le moşteniseră de la vechile regine. Soldaţii mei păzeau chiar matriţele instrucţiunilor care îi determinau pe ei înşişi să stea de pază. Ei păzeau înţelepciunea strămoşilor lor, Chivotul Legii. Aceste afirmaţii bizare vor fi detaliate în următorul capitol.

Senzaţia de straniu şi de uimire se combina cu retrăirea unor spaime doar pe jumătate uitate, dar era transfigurată şi accentuată de înţelegerea matură a rostului acestui spectacol, care îmi lipsise în copilărie în Africa. Era accentuată şi de cunoaşterea faptului că această poveste a legiunilor a atins acelaşi apogeu evolutiv nu

o dată, ci de două ori. Chiar dacă semănau mult între ele, acestea nu erau furnicile-vizitiu din coşmarurile copilăriei mele, ci verişoarele lor îndepărtate din Lumea Nouă. Ele făceau acelaşi lucru ca furnicile-vizitiu, şi din aceleaşi motive. Se înnoptase şi m-am întors acasă. Eram din nou un copil puternic impresionat, dar simţeam bucuria de a mă afla în noua lume a înţelegerii ce risipise spaimele din Africa.

CAPITOLUL 5

Puterea și arhivele

Plouă cu ADN afară. Pe malul canalului Oxford, la capătul grădinii mele, este o salcie mare care împrăștie semințe pufoase în aer. Nu bate vântul, iar semințele plutesc în toate direcțiile. De-a lungul canalului, cât pot vedea cu binoclul meu, apa e albă din cauza pufului și, cu siguranță, puful a acoperit pământul pe aproximativ aceeași rază în toate direcțiile. Puful e alcătuit în principal din celuloză și ascunde minuscula capsulă care conține ADN-ul, informația genetică. Conținutul de ADN reprezintă o mică parte din total, așadar de ce am spus că plouă cu ADN, și nu cu celuloză? Răspunsul este că ADN-ul e cel care contează. Puful de celuloză, deși mult mai masiv, e doar o parașută de unică folosință. Întregul spectacol, puful, mâțișorii, copacul și toate celelalte, are un singur scop: răspândirea ADN-ului în tot ținutul. Nu orice ADN, ci acel ADN ale cărui caracteristici codificate oferă instrucțiuni speciale pentru construirea de sălcii care să producă o nouă generație de semințe pufoase. Aceste fărâme pufoase răspândesc literalmente instrucțiuni pentru propria lor replicare. Ele există pentru că strămoașele lor au reușit să facă același lucru. Plouă cu instrucțiuni, plouă cu programe, plouă cu creșteri de copaci, cu răspândiri de puf, cu algoritmi. Nu e o metaforă, e purul adevăr. Nu putea fi mai limpede nici dacă ploua cu dischete.

Este un adevăr evident, dar multă vreme nu a fost înțeles. Cu câțiva ani în urmă, dacă l-ați fi întrebat pe aproape orice biolog ce anume deosebește lucrurile vii de cele nevii, v-ar fi vorbit despre o substanță numită protoplasmă. Protoplasma nu semăna cu celelalte substanțe; era vitală, vibra, palpita, pulsa, era „iritabilă" (un fel academic de a spune că reacționa). Dacă luai un corp viu și îl tăiai

în bucăţele, ai fi obţinut în cele din urmă fărâme de protoplasmă pură. În secolul al XIX-lea, un alter ego în carne şi oase al profesorului Challenger* închipuit de Arthur Conan Doyle credea că „mâlul cu globigerine" de pe fundul mării era protoplasmă pură. Pe când eram elev, autorii mai în vârstă de manuale şcolare încă mai vorbeau despre protoplasmă, deşi ar fi trebuit deja să ştie mai multe. În zilele noastre nu mai puteţi auzi sau vedea cuvântul. Este mort, la fel ca flogistonul sau eterul universal.** Nu există nimic deosebit în substanţele din care sunt alcătuite lucrurile vii. Lucrurile vii sunt ansambluri de molecule, la fel ca toate celelalte.

Ce este deosebit e faptul că aceste molecule sunt reunite în structuri mult mai complicate decât cele ale lucrurilor nevii, iar această alăturare se face conform unor programe, unor seturi de instrucţiuni pentru dezvoltare pe care organismele le poartă în ele. Se poate ca ele să vibreze, să pulseze şi să palpite prezentând „iritabilitate", să strălucească pline de o căldură „vie", dar toate aceste proprietăţi apar accidental. Ceea ce se află în inima fiecărui lucru viu nu e foc, nu e suflare caldă, nu e „scânteie de viaţă". E vorba de informaţie, cuvinte, instrucţiuni. Dacă doriţi o metaforă, nu vă gândiţi la foc, scânteie sau suflare. Gândiţi-vă în schimb la un miliard de caractere distincte, digitale, gravate pe table de cristal. Dacă vreţi să înţelegeţi viaţa, nu vă gândiţi la mâluri şi geluri vibrânde şi pulsânde, ci la tehnologia informaţiei. Asta încercam să sugerez în capitolul anterior când am numit-o regina furnicilor banca centrală de date.

Cerinţa esenţială pentru o tehnologie avansată a informaţiei este un mediu de stocare având un număr mare de locaţii pentru

---

* George Edward Challenger, cunoscut ca profesorul Challenger, este un personaj dintr-o serie de povestiri ale lui Arthur Conan Doyle. (*N. t.*)

** Teoria flogistonului, datând din secolul al XVII-lea şi invalidată de dezvoltarea ulterioară a chimiei, susţinea că substanţele inflamabile conţin acest element care e eliberat în cursul arderii. În secolul al XIX-lea se credea că eterul era mediul atotcuprinzător prin care se propagă lumina. Teoria eterului a fost infirmată de experimentul efectuat de Michelson şi Morley şi a fost definitiv abandonată odată cu apariţia teoriei relativităţii. (*N. red.*)

memorie. Fiecare locaţie trebuie să se poată afla într-o stare anume dintr-un număr de stări distincte. Acest lucru e oricum valabil pentru tehnologia informaţiei *digitale* care domină acum lumea creată de noi. Există un tip diferit de tehnologie a informaţiei, bazat pe informaţia *analogă*. Informaţia de pe vechile discuri de gramofon e analogă. Ea e stocată într-un şănţuleţ ondulat. Informaţia de pe un disc laser modern (numit adesea „compact disc", ceea ce nu e tocmai bine, pentru că numele nu spune nimic şi e de regulă pronunţat greşit, cu accentul pe prima silabă) este digitală, ea e stocată într-o serie de mici adâncituri, care se află sau nu acolo – nu există jumătăţi de măsură. Aceasta e caracteristica esenţială a sistemului digital: elementele sale fundamentale se află fie într-o stare, fie în altă stare, fără jumătăţi de măsură şi fără intermediari sau compromisuri.

Tehnologia informaţiei genelor e digitală. Acest lucru a fost descoperit de Gregor Mendel în secolul al XIX-lea, deşi el nu s-ar fi exprimat astfel. Mendel a demonstrat că nu combinăm moştenirea de la cei doi părinţi. Noi primim moştenirea în particule distincte. La nivelul fiecărei particule fie o moştenim, fie nu. De fapt, după cum sublinia R.A. Fisher*, unul dintre părinţii a ceea ce se numeşte acum neodarwinism, această moştenire sub formă de particule a fost întotdeauna sub nasul nostru, de fiecare dată când aveam în vedere sexul. Moştenim atribute de la un părinte mascul şi un părinte femelă, dar suntem fie mascul, fie femelă, nu hermafroditi. Fiecare copil născut are o *probabilitate* aproximativ egală de a se naşte mascul sau femelă, dar fiecare copil va fi sau una, sau alta, nu va combina cele două sexe. Acum ştim că acelaşi lucru e valabil şi pentru particulele noastre de ereditate. Ele nu se amestecă, ci rămân distincte şi separate transmiţându-se aleator generaţiilor următoare. Desigur, există un aparent amestec în efectele pe care unităţile genetice le au asupra corpurilor. Dacă o persoană înaltă

* Ronald Aymler Fisher (189)–1962), frecvent citat de Dawkins în această carte, nu a fost numai unul dintre marii biologi şi geneticieni ai secolului XX, ci şi părintele statisticii moderne. (*N. red.*)

se împerechează cu o persoană scundă sau una de culoare cu una albă, progeniturile lor vor avea adesea caracteristici intermediare. Dar aparenţa amestecului e valabilă doar în privinţa efectelor asupra corpurilor şi se datorează micilor efecte însumate ale unui mare număr de particule. Particulele în sine rămân separate şi distincte atunci când se transmit generaţiei următoare.

Diferenţa dintre ereditatea combinată şi ereditatea sub formă de „particule" a avut o mare importanţă în istoria ideilor evoluţioniste. Pe vremea lui Darwin toată lumea (cu excepţia lui Mendel, care, ascuns în mânăstirea lui, a fost din păcate ignorat până la moartea sa) credea că ereditatea înseamnă amestec. Un inginer scoţian pe nume Fleeming Jenkin a subliniat faptul că (aşa se credea) ereditatea combinată excludea complet selecţia naturală ca teorie evoluţionistă plauzibilă. Ernst Mayr remarca, fără prea multe menajamente, că articolul lui Jenkin „se bazează pe toate prejudecăţile şi neînţelegerile obişnuite ale fizicienilor". Cu toate acestea, Darwin a fost foarte îngrijorat de raţionamentul lui Jenkin. El a fost prezentat într-o parabolă plastică despre un bărbat alb naufragiat pe o insulă locuită de „negri":

> Să presupunem că ar beneficia de toate avantajele imaginabile pe care un alb le-ar avea faţă de băştinaşi; că în lupta pentru supravieţuire şansele lui de a duce o viaţă lungă ar fi mai mari decât cele ale căpeteniilor băştinaşe; admiţând toate acestea, nu rezultă însă că, după un număr limitat sau nelimitat de generaţii, locuitorii acelei insule vor fi albi. Eroul nostru naufragiat va deveni probabil rege; va omorî probabil nenumăraţi negri în lupta pentru supravieţuire; va avea probabil nenumărate soţii şi nenumăraţi copii, în timp ce mulţi dintre supuşii săi vor trăi şi vor muri burlaci. [...] Calităţile noastre de albi îi vor asigura o viaţă destul de lungă, dar nu va reuşi într-un număr de generaţii oricât de mare să-i transforme pe descendenţii supuşilor săi în albi. [...] În prima generaţie vor fi câteva zeci de tinteri mulatri, în medie mult superiori ca inteligenţă negrilor. Ne putem aştepta ca tronul să fie ocupat vreme de câteva generaţii de un rege mai mult sau mai puţin galben; dar ar putea cineva să creadă că întreaga insulă va avea treptat o populaţie albă, sau chiar galbenă, ori că insularii vor dobândi energia, curajul, inventivitatea, răbdarea, stăpânirea de sine, rezistenţa – în virtutea cărora eroul nostru a ucis atât de mulţi

dintre strămoşii lor şi a avut atât de mulţi copii – calităţi pe care lupta pentru supravieţuire le-ar selecta, dacă ar putea selecta ceva?

Nu vă lăsaţi derutaţi de presupunerile rasiste privind superioritatea albilor. Toate acestea erau indiscutabile pe vremea lui Jenkin şi a lui Darwin, aşa cum sunt acum presupunerile noastre speciste privind *drepturile omului, demnitatea umană* şi caracterul sacru al *vieţii umane*. Putem reformula raţionamentul lui Jenkin printr-o analogie mai neutră. Dacă amesteci vopsea albă şi neagră, obţii vopsea gri. Dacă amesteci vopsea gri cu vopsea gri, nu poţi reconstitui nici albul iniţial, nici negrul iniţial. Amestecul vopselelor nu e prea departe de perspectiva premendeliană asupra eredităţii, ba chiar şi în zilele noastre cultura populară exprimă ereditatea prin „amestecul sângelui". Raţionamentul lui Jenkins e un raţionament al amestecării lichidelor. Pe măsură ce generaţiile se succedă, presupunând că ereditatea e combinată, variaţia e condamnată să dispară. Uniformitatea va fi din ce în ce mai mare. În cele din urmă nu va rămâne nici un fel de variaţie asupra căreia să poată acţiona selecţia naturală.

Oricât de plauzibil ar părea acest argument, nu e doar un argument împotriva selecţiei naturale. E mai curând un argument împotriva faptelor evidente ale eredităţii înseşi! E limpede că variaţia nu dispare odată cu trecerea generaţiilor. Oamenii *nu* seamănă azi mai mult între ei decât semănau pe vremea bunicilor. Variaţia se menţine. Există o rezervă de variaţie asupra căreia selecţia să acţioneze. Acest lucru a fost demonstrat matematic în 1908 de W. Weinberg şi în mod independent de excentricul matematician G.H. Hardy, care, în treacăt fie spus, după cum e consemnat în caietul de pariuri al facultăţii lui (care e şi a mea), a pariat odată cu un coleg „pe o jumătate de penny contra întregii sale averi până la moarte că mâine soarele va răsări". Dar abia R.A. Fisher şi colegii săi, fondatorii geneticii populaţionale moderne, i-au dat răspunsul complet lui Fleeming Jenkin în termenii teoriei mendeliene a geneticii *particulei*. Era o ironie la acea vreme, pentru că, după cum vom vedea în capitolul 11, cei mai importanţi urmaşi ai lui Mendel de la începutul secolului XX se considerau antidarwi-

nişti. Fisher şi colegii săi au arătat că selecţia darwinistă nu era contrazisă, iar problema lui Jenkin a fost rezolvată în mod elegant pornind de la premisa că ceea ce se schimbă în evoluţie e *frecvenţa* relativă a particulelor ereditare distincte, sau a genelor, fiecare dintre ele fiind sau nu prezentă într-un anume corp individual. Darwinismul care a urmat epocii lui Fisher poartă numele de neodarwinism. Natura sa digitală nu e un fapt accidental care se întâmplă să fie adevărat în privinţa tehnologiei informaţiei genetice. Caracterul digital este probabil o condiţie necesară pentru ca darwinismul însuşi să funcţioneze.

În tehnologia noastră electronică, locaţiile distincte, digitale au doar două stări, reprezentate convenţional prin 0 şi 1, dar vi le puteţi închipui ca pornit şi oprit, sus şi jos – ceea ce contează este că ele trebuie deosebite una de alta şi că tiparul stărilor lor poate fi „citit" aşa încât să influenţeze ceva. Tehnologia electronică foloseşte diverse medii fizice pentru a stoca 0-urile şi 1-urile, cum ar fi dischetele magnetice, banda magnetică, cartelele perforate, banda perforată şi circuitele integrate cu o mulţime de unităţi semiconductoare înăuntrul lor.

Principalul mediu de stocare din interiorul seminţelor de salcie, al furnicilor şi al tuturor celulelor vii nu este electronic, ci chimic. El exploatează faptul că anumite tipuri de molecule pot „polimeriza", adică se pot uni în lanţuri de lungime nedefinită. Există mai multe tipuri de polimeri. De exemplu, „polietilena" e alcătuită din lanţuri lungi de molecule mici de etilenă – etilenă polimerizată. Amidonul şi celuloza sunt zaharuri polimerizate. Unii polimeri nu sunt lungi lanţuri uniforme de molecule mici precum etilena, ci sunt compuşi din două sau mai multe tipuri de molecule mici. De îndată ce o asemenea eterogenitate pătrunde într-un lanţ de polimer, tehnologia informaţiei devine o posibilitate teoretică. Dacă există două tipuri diferite de molecule mici într-un lanţ, ele pot fi privite ca 1 şi 0, iar imediat orice cantitate de informaţie, de orice fel, poate fi stocată, cu condiţia ca lanţul să fie suficient de lung. Polimerii folosiţi de celulele vii se numesc polinucleotide. Există două mari familii de polinucleotide în celulele vii, numite pe scurt ADN şi

ARN. Atât ADN-ul, cât şi ARN-ul sunt lanţuri eterogene, cu patru tipuri diferite de nucleotide. Aici zace potenţialul de stocare a informaţiei. Tehnologia informaţiei celulelor vii nu foloseşte doar stările 0 şi 1, ci patru stări diferite, care pot fi reprezentate convenţional prin A, T, C şi G. În principiu, diferenţa e foarte mică între tehnologia informaţională binară (cu două stări) cum este a noastră şi o tehnologie informaţională cu patru stări cum este cea a celulelor vii.

După cum am menţionat la sfârşitul capitolului 1, există suficientă capacitate informaţională într-o singură celulă umană pentru a stoca toate cele treizeci de volume ale *Enciclopediei Britanice*, de trei sau de patru ori. Nu am o cifră comparabilă pentru o sămânţă de salcie sau pentru o furnică, dar trebuie să fie la fel de spectaculoasă. Există suficientă capacitate de stocare într-o sămânţă de crin sau într-un spermatozoid de salamandră pentru 60 de *Enciclopedii Britanice*. Unele specii de amibe numite în mod nejustificat „primitive" au în ADN-ul lor informaţie cât pentru 1 000 de *Enciclopedii Britanice*.

Ce e uimitor este că doar un procent din informaţia genetică a celulelor umane, de pildă, pare să fie folosit efectiv: aproape cât un volum din *Enciclopedia Britanică*. Nimeni nu ştie de ce există acolo restul de 99 de procente. Într-o carte anterioară am emis ipoteza că restul poate fi parazit, trăind pe seama eforturilor procentului util, teorie recent preluată de biochimişti sub numele de „ADN-ul egoist". O bacterie are o capacitate de stocare a informaţiei aproximativ de 1000 de ori mai mică decât cea a celulei umane, dar o foloseşte probabil aproape în întregime: nu prea rămâne loc pentru paraziţi. ADN-ul ei ar putea înmagazina „doar" o copie a Noului Testament!

Specialiştii în inginerie genetică stăpânesc deja tehnologia necesară pentru a scrie Noul Testament sau orice altceva în ADN-ul unei bacterii. „Semnificaţia" simbolurilor în orice tehnologie informaţională e arbitrară şi putem aloca o combinaţie, de pildă un triplet, din alfabetul de patru litere al ADN-ului pentru câte o literă din alfabetul nostru de 26 de litere (ar încăpea toate literele mari şi mici împreună cu 12 semne de punctuaţie). Din păcate, ar fi nevoie

de cinci sute de ani pentru a scrie Noul Testament într-o bacterie, aşa că nu cred că se va obosi cineva s-o facă. Dacă totuşi va face cineva acest lucru, bacteriile au un ritm de reproducere atât de ridicat, încât ar apărea cam 10 milioane de copii ale Noului Testament pe zi, visul unui misionar dacă oamenii ar putea citi alfabetul ADN, dar, din păcate, caracterele sunt atât de mici, încât toate cele 10 milioane de copii ale Noului Testament ar putea dansa simultan pe vârful unui ac.

Memoria calculatorului electronic se împarte convenţional în ROM şi RAM. ROM este acronimul lui *„read only" memory**. Mai precis, este o memorie de tipul „scris o dată, citit de mai multe ori". Tiparul conţinând şiruri de 0 şi 1 e inscripţionat în ea o dată pentru totdeauna la fabricaţie. El rămâne neschimbat de-a lungul întregii vieţi a memoriei, iar informaţia poate fi citită oricât de des. Cealaltă memorie electronică, numită RAM**, poate fi şi „scrisă" (te obişnuieşti uşor cu acest jargon nu prea elegant), şi citită. Prin urmare, RAM-ul poate face tot ce face ROM-ul, şi mai mult decât atât. Semnificaţia acronimului RAM e înşelătoare, de aceea nu o voi menţiona aici. Important este că în RAM puteţi pune orice şir de 1 şi 0 în orice loc doriţi, de câte ori doriţi. Cea mai mare parte a memoriei calculatorului este RAM. În momentul în care scriu la calculator aceste cuvinte, ele se duc direct în RAM, iar programul de procesare a textului care controlează totul se află şi el tot în RAM, deşi poate fi teoretic inscripţionat şi în ROM, fără posibilitatea de a mai fi modificat ulterior. ROM-ul e folosit ca repertoriu fix de programe standard, care sunt necesare permanent şi pe care nu le puteţi schimba nici dacă vreţi.

ADN-ul este ROM. Poate fi citit de milioane de ori, dar scris numai o dată – când e asamblat, la naşterea celulei în care se află. ADN-ul celulelor oricărui individ este „inscripţionat", imprimat, şi nu se modifică pe toată durata vieţii individului, cu excepţia rarelor deteriorări întâmplătoare. El poate fi însă copiat. Este copiat

---

* Memorie care nu poate fi decât citită. (*N. t.*)

** Acronimul lui *random access memory* – memorie la care ai acces în mod aleator. (*N. t.*)

la fiecare diviziune celulară. Tiparul nucleotidelor A, T, C şi G e copiat fidel în ADN pentru fiecare dintre bilioanele de celule noi care se nasc pe măsură ce bebeluşul creşte. La conceperea unui nou individ, se „inscripţionează" un tipar nou şi unic de date în ROM-ul ADN-ului său, iar individul va fi legat de acest tipar câte zile va avea. Tiparul este copiat în toate celulele lui (cu excepţia celor reproducătoare, în care se copiază aleator doar o jumătate de ADN, după cum vom vedea).

Toată memoria calculatorului, indiferent că este vorba de ROM sau de RAM, este *adresată*. Asta înseamnă că fiecare adresă din memorie are o etichetă, de regulă un număr, dar aceasta e o convenţie arbitrară. E important să înţelegem diferenţa dintre *adresa* şi *conţinutul* unei locaţii din memorie. Fiecare locaţie e cunoscută prin adresa ei. De exemplu, primele două litere ale acestui capitol, „Pl", se află în acest moment în locaţiile RAM 6446 şi 6447 ale calculatorului meu, care are în total 65 536 de locaţii RAM. În alt moment, conţinutul acestor două locaţii va fi diferit. Conţinutul unei locaţii este ceea ce a fost scris cel mai recent în locaţia respectivă. Fiecare locaţie ROM are şi ea o adresă şi un conţinut. Diferenţa este că fiecare locaţie are un conţinut fixat o dată pentru totdeauna.

ADN-ul este dispus de-a lungul cromozomilor cu aspect filiform, asemănători unor benzi de calculator. ADN-ul din fiecare celulă e adresat în acelaşi mod în care e adresat şi ROM-ul calculatorului sau banda de calculator. Numerele sau numele pe care le folosim pentru a eticheta o adresă dată sunt arbitrare, aşa cum sunt şi pentru memoria calculatorului. Ceea ce contează este că o anumită locaţie din ADN-ul meu corespunde exact unei anumite locaţii din ADN-ul tău: au aceeaşi adresă. *Conţinutul* locaţiei cu numărul 321762 din ADN-ul meu poate să nu fie aceeaşi cu conţinutul locaţiei tale cu numărul 321762. Însă locaţia mea numărul 321762 se află în exact aceeaşi poziţie în celulele mele ca locaţia ta numărul 321762 în celulele tale. „Poziţie" înseamnă aici locul de-a lungul unui anume cromozom. Poziţia fizică exactă a unui cromozom într-o celulă nu contează. El pluteşte în lichid, iar poziţia lui fizică variază, dar

fiecare locaţie de-a lungul cromozomului e adresată precis în funcţie de ordinea liniară pe lungimea cromozomului, aşa cum fiecare locaţie de pe o bandă de calculator e adresată precis, chiar dacă banda, în loc să fie rulată, zace desfăşurată pe podea. Noi cu toţii, toţi oamenii, avem acelaşi set de *adrese* ADN, dar nu neapărat aceleaşi *conţinuturi* ale acestor adrese. Acesta e motivul principal pentru care suntem diferiţi unii de alţii.

Alte specii nu au acelaşi set de *adrese*. Cimpanzeii, de exemplu, au 48 de cromozomi, în comparaţie cu cei 46 ai noştri. Riguros vorbind, nu putem compara conţinuturile adresă cu adresă, fiindcă, pentru specii diferite, adresele nu îşi corespund una alteia. Şi totuşi, speciile strâns înrudite cum sunt cimpanzeii şi oamenii au porţiuni atât de mari de conţinuturi adiacente în comun, încât le putem considera în linii mari aceleaşi, chiar dacă nu putem folosi exact acelaşi sistem de adresare pentru cele două specii. Ce defineşte o specie este faptul că toţi membrii ei au acelaşi sistem de adresare pentru ADN-ul lor. Cu mici excepţii, toţi membrii au acelaşi număr de cromozomi, iar fiecare locaţie de-a lungul unui cromozom îşi are omologul său exact în aceeaşi poziţie de-a lungul cromozomului corespunzător la toţi ceilalţi membri ai speciei. Ce poate diferi la membrii unei specii e conţinutul acestor locaţii.

Diferenţele de conţinut la indivizi diferiţi apar în modul următor – iar aici trebuie să subliniez că vorbesc despre speciile care se reproduc sexuat, cum e specia noastră. Spermatozoizii şi ovulele noastre conţin fiecare câte 23 de cromozomi. Fiecare locaţie adresată din unul dintre spermatozoizii mei corespunde unei anumite locaţii adresate din toţi ceilalţi spermatozoizi ai mei şi din toţi spermatozoizii sau ovulele celorlalţi oameni. Toate celelalte celule ale mele conţin 46 de cromozomi – un set dublu. Aceleaşi adrese sunt folosite de două ori în fiecare dintre aceste celule. Fiecare celulă conţine doi cromozomi numărul 9 şi două versiuni ale locaţiei 7230 de-a lungul cromozomului 9. Conţinutul celor două poate să fie sau să nu fie acelaşi, la fel cum poate să fie sau să nu fie acelaşi la alţi membri ai speciei. Când un spermatozoid, cu cei 23 de cromozomi ai săi, e creat dintr-o celulă din organism cu

46 de cromozomi, el primeşte doar una dintre cele două copii ale fiecărei locaţii adresate. Pe care anume o va primi se stabileşte în mod aleator. La fel se întâmplă şi cu ovulele. Rezultatul este că fiecare spermatozoid produs şi fiecare ovul produs sunt unice în privinţa conţinutului locaţiilor lor, dar sistemul lor de adresare e identic la toţi membrii unei specii (cu câteva mici excepţii care nu trebuie să ne preocupe). Când un spermatozoid fertilizează un ovul, se produce un set complet de 46 de cromozomi, iar toţi cei 46 sunt apoi copiaţi în toate celulele embrionului care se dezvoltă.

Am spus că ROM-ul nu poate fi scris decât la fabricare, iar acest lucru e valabil şi pentru ADN-ul celular, cu excepţia erorilor întâmplătoare apărute în cursul copierii. Dar, într-un anume sens, băncile de date colective care constituie ROM-urile unei întregi specii pot fi scrise într-o manieră constructivă. Supravieţuirea nealeatoare şi succesul reproductiv al indivizilor din cadrul speciei „scriu" efectiv instrucţiuni pentru supravieţuire îmbunătăţite în memoria genetică colectivă a speciei pe măsură ce se scurg generaţiile. Transformarea evolutivă în cadrul unei specii constă în linii mari în modificări ale numărului de copii existente pentru fiecare dintre diferitele *conţinuturi* posibile ale fiecărei locaţii ADN adresate, odată cu trecerea generaţiilor. Desigur, în orice moment, fiecare copie trebuie să se găsească într-un anume organism. Dar ceea ce contează în evoluţie sunt modificările în frecvenţa conţinuturilor posibile alternative la fiecare adresă în *populaţii*. Sistemul de adresare rămâne acelaşi, dar profilul statistic al conţinuturilor locaţiilor se modifică pe măsura trecerii timpului.

Din când în când, la intervale mari de timp, însuşi sistemul de adresare se schimbă. Cimpanzeii au 24 de perechi de cromozomi, noi avem 23. Avem un strămoş comun cu cimpanzeii, de aceea probabil că, la un moment dat în istorie, fie strămoşii noştri, fie strămoşii cimpanzeilor au suferit o modificare a numărului de cromozomi. Fie noi am pierdut un cromozom (doi au fuzionat), fie cimpanzeii au câştigat unul (unul s-a scindat). Trebuie să fi existat cel puţin un individ care a avut un număr diferit de cromozomi faţă de părinţii săi. Există şi alte transformări accidentale în întregul

sistem genetic. Fragmente întregi ale codului, după cum vom vedea, pot fi copiate uneori din întâmplare pe cromozomi complet diferiţi. Ştim acest lucru deoarece putem găsi împrăştiate printre cromozomi lungi porţiuni identice de text ADN.

Când informaţia din memoria unui calculator a fost citită dintr-o locaţie anume, se poate întâmpla unul din următoarele două lucruri. Ea poate fi pur şi simplu scrisă în altă parte sau poate fi implicată într-o anumită „acţiune". A o scrie în altă parte înseamnă a o copia. Am văzut deja că ADN-ul este cu uşurinţă copiat dintr-o celulă într-o nouă celulă şi că fragmente de ADN pot fi copiate de la un individ la altul, mai precis la copilul lui. „Acţiunea" e mai complicată. La calculatoare, un tip de acţiune este executarea instrucţiunilor unui program. În ROM-ul calculatorului meu, numerele de locaţie 64489, 64490 şi 64491, luate împreună, au un tipar anume de conţinuturi – un şir de 1 şi 0 – care, atunci când sunt interpretate ca instrucţiuni, dau naştere în micul difuzor al calculatorului unui sunet scurt şi înalt. Acest tipar de biţi este 1010110100110000 1100 0000. Nu există nimic intrinsec zgomotos în acest tipar de biţi. Nimic din el nu ne spune că va avea acest efect asupra difuzorului. Are acest efect doar din pricina felului în care este conectat restul calculatorului. În acelaşi mod tiparele codului ADN din patru litere au efecte asupra culorii ochilor sau asupra comportamentului, de pildă, dar aceste efecte nu sunt intrinsece tiparelor de date ADN în sine. Ele îşi produc efectele doar ca rezultat al modului în care se dezvoltă restul embrionului, care, la rândul lui, este influenţat de efectele tiparelor din alte părţi ale ADN-ului. Această interacţiune între gene va fi tema centrală a capitolului 7.

Înainte de a fi implicate în orice tip de acţiune, simbolurile codului ADN trebuie transpuse în alt mediu. Ele sunt transcrise mai întâi în simboluri ARN riguros corespunzătoare. Şi ARN-ul are un alfabet din patru litere. De aici ele sunt transpuse pe un tip diferit de polimer, numit polipeptidă sau proteină. Poate fi numit poliaminoacid, pentru că unităţile lui de bază sunt aminoacizii. Există 20 de tipuri de aminoacizi în celulele vii. Toate proteinele biologice sunt lanţuri alcătuite din aceste 20 de unităţi de bază.

Deşi o proteină e un lanţ de aminoacizi, cele mai multe nu rămân lungi şi filiforme. Fiecare lanţ se răsuceşte într-un nod complicat, forma acestuia fiind determinată de ordinea aminoacizilor din lanţ. Prin urmare, forma nodului nu e mereu aceeaşi pentru un şir dat de aminoacizi. La rândul lui, şirul aminoacizilor e strict determinat de simbolurile-cod de pe o porţiune de ADN (via ARN ca intermediar). Prin urmare, forma tridimensională răsucită a unei proteine e determinată de şirul unidimensional de simboluri-cod din ADN.

Procedura de traducere foloseşte renumitul „cod genetic" de trei litere. Acesta e un dicţionar în care fiecare din cei 64 ($4 \times 4 \times 4$) de *tripleţi* posibili de simboluri ADN (sau ARN) e tradus într-unul din cei 20 de aminoacizi sau într-un simbol de tip „stop citire". Există trei semne de punctuaţie de tip „stop citire". Mulţi aminoacizi sunt codificaţi nu doar printr-un singur triplet (după cum probabil aţi ghicit din faptul că există 20 de aminoacizi şi 64 de tripleţi). Întreaga traducere, de la ROM-ul ADN strict secvenţial la forma precisă, tridimensională a proteinei, e o performanţă remarcabilă a tehnologiei informatice digitale. Pentru paşii următori prin care genele influenţează corpurile nu există analogii atât de bune cu calculatorul.

Fiecare celulă vie, chiar şi o bacterie unicelulară, poate fi imaginată ca un uriaş combinat chimic. Tiparele de ADN, sau genele, îşi exercită efectele influenţând cursul evenimentelor în combinatul chimic, şi o fac modelând forma tridimensională a moleculelor de proteine. Cuvântul „uriaş" poate părea surprinzător pentru o celulă, mai ales dacă ne amintim că 10 milioane de celule bacteriene ar putea sta pe vârful unui ac. Dar ne vom aminti de asemenea că fiecare dintre aceste celule poate înmagazina întregul text al Noului Testament şi, mai mult, celula *este* uriaşă prin numărul maşinăriilor sofisticate pe care le conţine. Fiecare maşinărie e o mare moleculă proteică asamblată sub influenţa unui anumit fragment de ADN. Moleculele proteice numite enzime sunt maşinării în sensul că fiecare din ele provoacă o anumită reacţie chimică. Fiecare tip de maşinărie proteică îşi fabrică propriul ei produs chimic. Pentru aceasta ea foloseşte materia primă care pluteşte prin celulă şi care este,

foarte probabil, produsul altor mainării proteice. Pentru a vă face o idee despre dimensiunile acestor maşinării proteice, să spunem că fiecare e alcătuită din 6 000 de atomi, ceea ce înseamnă foarte mult după standardele moleculare. Există cam un milion de asemenea aparate mari într-o celulă, mai mult de 2 000 de tipuri diferite, fiecare specializat într-o anumită operaţie în acest combinat chimic care e celula. Produsele chimice caracteristice ale acestor enzime sunt cele care dau celulei forma şi comportamentul individuale.

Din moment ce toate celulele corpului conţin aceleaşi gene, poate părea surprinzător că nu toate celulele corpului sunt la fel. Motivul este că o submulţime diferită de gene e *citită* în tipuri diferite de celule, celelalte submulţimi fiind ignorate. În celulele hepatice, acele părţi ale ROM-ului ADN relevante pentru construirea celulelor renale nu sunt citite, şi viceversa. Forma şi comportamentul unei celule depind de acele gene din celulă care sunt citite şi traduse în produse proteice. Acest lucru depinde, la rândul lui, de substanţele chimice existente în celulă, care depind în parte de acele gene care au fost citite anterior în celulă şi în parte de celulele învecinate. Când o celulă se divide, cele două fiice nu sunt neapărat identice. De exemplu, în ovulul fertilizat, anumite substanţe chimice se adună la un capăt al celulei, altele, la celălalt capăt. Când o celulă astfel polarizată se divide, cele două celule-fiice primesc moşteniri chimice diferite. Aceasta înseamnă că în cele două celule-fiice vor fi citite gene diferite, iar de aici începe un fel de separare care se accentuează. Forma finală a întregului corp, dimensiunile membrelor, conexiunile din creier, succesiunea în timp a tiparelor comportamentale, toate acestea sunt consecinţe indirecte ale interacţiunilor dintre diferitele tipuri de celule, diferenţe care, la rândul lor, apar datorită faptului că sunt citite gene diferite. Trebuie să ne închipuim că aceste procese divergente sunt local autonome, oarecum în genul procedurii „recurente" din capitolul 3, şi nu sunt coordonate într-un mare proiect central.

„Acţiune", în sensul folosit în acest capitol, se referă la ceea ce geneticienii înţeleg prin „efectul fenotipic" al unei gene. ADN-ul

are efect asupra corpului, culorii ochilor, cârlionţării părului, intensităţii comportamentului agresiv şi asupra a mii de alte atribute, toate numite efecte fenotipice. ADN-ul îşi exercită iniţial efectele la nivel local, după ce a fost citit de ARN şi tradus în lanţuri proteice, care influenţează apoi forma şi comportamentul celulelor. Acesta e unul dintre cele două moduri prin care informaţia din tiparul ADN-ului poate fi citită. Celălalt mod este copierea despre care am vorbit anterior.

Aceasta e deosebirea fundamentală între cele două căi de transmitere a informaţiei ADN, transmitere pe verticală şi pe orizontală. Informaţia se transmite pe verticală unui alt ADN din celulele (care formează alte celule) care dau naştere spermatozoizilor şi ovulelor. Astfel se transmite pe verticală la următoarea generaţie, iar apoi, tot pe verticală, la un număr nedefinit de generaţii viitoare. Îl voi numi „ADN-ul arhivă". Poate fi în principiu nemuritor. Succesiunea celulelor prin care călătoreşte ADN-ul arhivă se numeşte linia de reproducere. Linia de reproducere e formată din acea mulţime de celule din organism care sunt strămoşii spermatozoizilor şi ovulelor şi, prin urmare, strămoşii generaţiilor viitoare. ADN-ul e transmis şi *lateral* sau pe orizontală: la ADN-ul din celulele nereproductive cum sunt cele hepatice sau cele cutanate; din interiorul acestor celule e transmis la ARN, apoi la proteine şi la diferitele efecte asupra dezvoltării embrionare şi, prin urmare, e transmis asupra formei şi comportamentului adultului. Puteţi considera că transmiterea pe orizontală şi transmiterea pe verticală corespund celor două subprograme numite DEZVOLTARE şi REPRODUCERE din capitolul 3.

Selecţia naturală reprezintă în esenţă succesul diferit al ADN-urilor rivale de a se transmite pe ele însele pe verticală în arhivele speciei. „ADN rival" înseamnă conţinuturi alternative ale anumitor adrese din cromozomii speciei. Unele gene reuşesc mai bine decât genele rivale să rămână în arhive. Deşi transmiterea pe *verticală* în arhivele speciei e, la urma urmei, ceea ce înseamnă „succes", criteriul pentru succes e acţiunea pe care genele o exercită asupra organismelor prin intermediul transmiterii lor *laterale*. Şi aici lucrurile

stau ca în cazul modelului de pe calculator al biomorfelor. De exemplu, să presupunem că tigrii ar avea o genă anume care, prin influenţa laterală asupra celulelor din mandibulă, duce la formarea unor dinţi mai ascuţiţi decât cei care ar creşte sub influenţa unei gene rivale. Un tigru cu dinţi mai ascuţiţi poate ucide mai eficient decât un tigru obişnuit; va avea deci mai multe progenituri; prin urmare, va transmite pe verticală mai multe copii ale genei care determină apariţia dinţilor mai ascuţiţi. Desigur, el îşi va transmite mai departe toate genele în acelaşi timp, dar numai „gena dinţi-ascuţiţi" se va găsi, *în medie*, în corpurile tigrilor cu dinţi ascuţiţi. Gena însăşi are de câştigat, în termenii transmiterii pe verticală, de pe urma efectelor medii pe care le are asupra unei întregi serii de corpuri.

Performanţele ADN-ului ca mediu de arhivare sunt spectaculoase. Capacitatea sa de a conserva un mesaj o depăşeşte cu mult pe cea a tablelor de piatră. Vacile şi plantele din familia mazării (şi noi, toţi ceilalţi) au o genă aproape identică numită gena H4 a histonei. Textul ADN are o lungime de 306 caractere. Nu putem spune că el se află la aceleaşi adrese la toate speciile, pentru că nu putem compara riguros etichetele de adresă pentru specii diferite. Dar putem spune că avem un şir de 306 caractere la vaci, care e aproape identic cu un şir de 306 caractere la mazăre. Vacile şi mazărea se deosebesc prin doar două caractere din aceste 306. Nu ştim exact cu cât timp în urmă a trăit strămoşul comun al vacilor şi mazării, dar dovezile fosile sugerează că el ar fi existat acum 1 000–2 000 de milioane de ani. Să zicem acum 1,5 miliarde de ani. După acest inimaginabil (pentru oameni) de lung interval de timp, fiecare dintre aceste două filiaţii care au luat naştere din strămoşul îndepărtat a păstrat 305 din cele 306 caractere (e posibil ca una dintre ele să le fi păstrat pe toate 306, iar cealaltă să fi păstrat doar 304). Literele gravate în piatră devin ilizibile în câteva sute de ani.

Într-un fel, conservarea documentului ADN histonă-H4 este şi mai impresionantă deoarece, spre deosebire de tablele de piatră, nu are aceeaşi structură fizică în stare să dăinuie şi să conserve textul. El este copiat în mod repetat, generaţie după generaţie,

precum scripturile evreieşti care erau copiate în mod ritual de scribi la fiecare 80 de ani pentru a împiedica uzura. E greu de spus cu precizie de câte ori a fost recopiat documentul histonă-H4 în filiaţia care a dus la vaci de la strămoşul lor comun cu leguminoasele, dar probabil că numărul se apropie de 20 de miliarde. De asemenea, e greu de găsit un etalon cu care să comparăm conservarea a mai mult de 99% din informaţie în 20 de miliarde de copieri succesive. Putem încerca să folosim o versiune a „telefonului fără fir". Imaginaţi-vă 20 de miliarde de dactilografe stând în rând. Şirul de dactilografe ar putea înconjura Pământul de 500 de ori. Prima dactilografă scrie la maşină prima pagină a unui document şi o dă următoarei. Ea o copiază şi dă mai departe copia celei de lângă ea, care o copiază din nou şi o trece următoarei şi aşa mai departe. În cele din urmă, mesajul ajunge la capătul şirului şi noi îl citim (sau mai bine zis nepoţii noştri de peste 12 000 de generaţii, presupunând că toate dactilografele au viteza obişnuită a unei secretare bune). Cât de fidelă va fi redarea mesajului iniţial?

Pentru a răspunde trebuie să facem presupuneri legate de acurateţea dactilografierii. Să reformulăm întrebarea. Cât de bună trebuie să fie fiecare dactilografă pentru a putea atinge performanţa ADN-ului? Răspunsul e fabulos. Fiecare dactilografă trebuie să aibă o rată de eroare de aproximativ 1 la 1 000 de miliarde; aceasta înseamnă că trebuie să facă doar o singură eroare la dactilografierea de 250 000 de ori a Bibliei. O secretară bună din viaţa reală are o rată de eroare de aproximativ 1 la pagină. Adică de o jumătate de miliard de ori mai mare decât gena histonă-H4. Un şir de secretare reale va degrada un text până la 99% faţă de literele iniţiale în momentul în care se ajunge la cea de-a 20-a din şirul de 20 de miliarde. La a 10 000-a secretară din şir, mai puţin de 1% din textul iniţial va supravieţui. Acest moment al aproape completei degradări va fi atins înainte ca 99,9995% dintre dactilografe să apuce să vadă documentul.

Toată această comparaţie a fost o mică înşelătorie, dar într-un sens interesant şi revelator. Am lăsat impresia că ceea ce măsurăm sunt erorile de copiere. Însă documentul histonă-H4 nu a fost doar

copiat, ci a fost supus selecţiei naturale. Histona are o importanţă vitală pentru supravieţuire. E folosită la ingineria structurală a cromozomilor. Poate că au apărut o mulţime de greşeli la *copierea* genei histonă-H4, dar organismele mutante nu au supravieţuit, sau cel puţin nu s-au reprodus. Pentru a face comparaţia corect, ar trebui să presupunem că în scaunul fiecărei dactilografe ar fi încorporat un pistol, astfel încât dacă ea face o greşeală s-o împuşte imediat, locul ei urmând să fie luat de o dactilografă de rezervă (cititorii mai sensibili ar putea să-şi închipuie un scaun cu arcuri care ar catapulta-o pe dactilografa criminală în afara şirului, însă pistolul dă o imagine mai realistă a selecţiei naturale).

Astfel, această metodă de a măsura capacitatea de conservare a ADN-ului prin numărul de schimbări petrecute de-a lungul timpului geologic combină fidelitatea autentică în copiere cu efectele de filtrare ale selecţiei naturale. Noi vedem doar descendenţii modificărilor ADN de succes. Cele care au dus la moarte au dispărut. Putem oare măsura fidelitatea reală a copierii, înainte ca selecţia naturală să acţioneze asupra fiecărei noi generaţii de gene? Da, aceasta e inversul a ceea se numeşte rata mutaţiei şi poate fi măsurată. Probabilitatea ca o literă să fie copiată greşit la fiecare replicare s-a dovedit a fi ceva mai mult de unu la un miliard. Diferenţa dintre rata mutaţiei şi rata mai scăzută la care modificarea a fost într-adevăr încorporată în gena histonă în cursul evoluţiei dă măsura eficacităţii selecţiei naturale în conservarea acestui document străvechi.

Capacitatea de conservare a genei histonă de-a lungul erelor este excepţională în raport cu standardele genetice. Alte gene suferă modificări cu o rată mai mare, probabil pentru că selecţia naturală e mai tolerantă faţă de variaţiile lor. De exemplu, genele care codifică proteinele numite fibrinopeptide au suferit în evoluţie modificări cu o rată aproximativ egală cu rata simplă a mutaţiei. Aceasta înseamnă probabil că greşelile apărute în detaliile acestor proteine (ele sunt produse în timpul coagulării sângelui) nu sunt foarte importante pentru organism. Genele hemoglobinei au o rată de modificare intermediară faţă de cea a histonelor şi cea a fibrinopeptidelor.

Probabil că toleranța selecției naturale la erorile lor e intermediară. Hemoglobina are o sarcină importantă în sânge, iar detaliile ei contează într-adevăr, dar există câteva variante alternative care par să poată duce sarcina la îndeplinire la fel de bine.

Avem aici de-a face cu un paradox aparent. Moleculele cu evoluția cea mai lentă, precum histonele, se dovedesc a fi cele mai vizate de selecția naturală. Fibrinopeptidele sunt moleculele cu evoluția cea mai rapidă pentru că selecția naturală aproape că le-a ignorat. Ele sunt libere să evolueze la rata mutației. Paradoxul apare din faptul că noi punem atâta accent pe selecția naturală, încât o considerăm forța călăuzitoare a evoluției. Dacă nu ar exista selecția naturală, ne-am aștepta să nu existe evoluție. Invers, o puternică „presiune selectivă" ar conduce la o evoluție rapidă. Ceea ce descoperim însă este că selecția naturală exercită un efect de frânare asupra evoluției. Rata de referință a evoluției, în absența selecției naturale, e rata maximă posibilă. Adică rata mutației.

Acest lucru nu e chiar paradoxal. Dacă ne gândim bine, înțelegem că nu s-ar putea altminteri. Evoluția prin selecție naturală nu poate fi mai rapidă decât rata mutației, pentru că mutația este, în cele din urmă, singurul mod în care noi variații intră în cadrul speciei. Tot ce poate face selecția naturală e să accepte anumite variații noi și să le respingă pe altele. Rata mutației e menită să impună o limită superioară ratei cu care poate acționa evoluția. De fapt, cea mai mare parte a selecției naturale se ocupă mai degrabă cu împiedicarea transformării evolutive decât cu stimularea ei. Aceasta nu înseamnă, iar aici trebuie să insist, că selecția naturală e un proces pur distructiv. Ea poate să și construiască, pe căi ce vor fi lămurite în capitolul 7.

Chiar și rata mutației este destul de lentă. E un alt fel de a spune că, chiar și fără selecție naturală, performanțele codului ADN de a-și conserva arhivele sunt impresionante. O estimare moderată arată că, în absența selecției naturale, ADN-ul se copiază cu atâta acuratețe, încât e nevoie de cinci milioane de generații succesive pentru a copia greșit 1 procent din caracterele sale. Ipoteticele noastre dactilografe tot sunt surclasate de ADN, chiar dacă nu există selecție

naturală. Pentru a egala performanţele ADN-ului în absenţa selecţiei naturale, dactilografele ar trebui să poată bate la maşină întregul Nou Testament făcând o singură greşeală. Aceasta înseamnă că ele ar trebui să fie de aproximativ 45(de ori mai precise decât o secretară din viaţa reală. Este evident mult mai puţin decât cifra de o jumătate de miliard, care e factorul cu care gena histonă-H4, *lăsând să acţioneze selecţia naturală*, e mai precisă decât o secretară obişnuită; dar e oricum un număr impresionant.

Am fost însă nedrept cu dactilografele. Am presupus că nu sunt în stare să-şi observe greşelile şi să le corecteze. Am presupus că nu există corectură. În realitate, desigur, ele corectează. Prin urmare, şirul meu cu miliarde de dactilografe nu ar deteriora mesajul iniţial într-un mod atât de simplu. Mecanismul de copiere a ADN-ului face acelaşi tip de corectură a greşelilor în mod automat. Dacă nu ar face-o, nu ar atinge extraordinara acurateţe despre care am vorbit. Procedura de copiere a ADN-ului conţine numeroase instrumente de „corectură". Acestea sunt cu atât mai necesare cu cât literele ADN-ului nu sunt statice, precum hieroglifele gravate în granit. Dimpotrivă, moleculele implicate sunt atât de mici – amintiţi-vă de toate acele copii ale Noului Testament care au loc pe un vârf de ac –, încât se află sub asaltul constant al agitaţiei moleculare datorate căldurii. Există un flux constant, o înlocuire permanentă a literelor din mesaj. Aproximativ 5 000 de litere ADN mor în fiecare zi în fiecare celulă umană şi sunt imediat înlocuite prin mecanismele de reparare. Dacă mecanismele de reparare nu ar exista şi nu ar lucra fără oprire, mesajul s-ar dizolva cu siguranţă. Corectura textului nou copiat e doar un caz particular al activităţii de reparare. Corectura e principala explicaţie pentru remarcabila acurateţe şi fidelitate a stocării informaţiei ADN-ului.

Am văzut că moleculele de ADN sunt centrul unei tehnologii informatice spectaculoase. Ele pot stoca o cantitate impresionantă de informaţie digitală precisă într-un spaţiu foarte mic; şi pot conserva această informaţie – cu uimitor de puţine greşeli, totuşi cu câteva – pentru foarte mult timp, măsurat în milioane de ani. Unde ne duc toate aceste fapte? Ne duc către adevărul esenţial privind

viața de pe Pământ, adevărul la care m-am referit în paragraful de început despre semințele de salcie: organismele vii există spre folosul ADN-ului, și nu invers. Acest lucru nu e deocamdată evident, dar sper să vă pot convinge. Mesajul conținut de moleculele de ADN pare etern în raport cu viețile indivizilor. Viețile mesajelor ADN-ului (plus sau minus câteva mutații) se măsoară în milioane până la sute de milioane de ani; sau, cu alte cuvinte, de la 10 000 de vieți individuale până la mii de miliarde de vieți individuale. Ficcare organism individual ar trebui privit ca un vehicul temporar în care mesajele ADN își petrec o parte infimă din viețile lor geologice.

Lumea e plină de lucruri care există...! E un fapt indiscutabil, dar ne duce undeva? Lucrurile există fie pentru că s-au născut recent, fie pentru că au însușiri care le-au făcut greu de distrus în trecut. Pietrele nu vin pe lume foarte des, dar odată apărute sunt tari și rezistente. Dacă nu ar fi așa, nu ar fi pietre, ar fi nisip. Unele chiar sunt fragile, de aceea există plaje! Cele care se întâmplă să fie rezistente există sub formă de pietre. Pe de altă parte, picăturile de rouă există nu pentru că sunt rezistente, ci pentru că abia au venit pe lume și n-au avut timp să se evapore. S-ar părea că avem două tipuri de „existențe": tipul picătură de rouă – „probabil să se nască, dar nu dăinuie" și tipul piatră – „nu foarte probabil să apară, dar foarte probabil să dăinuie, odată apărut". Pietrele au rezistență, picăturile de rouă au „generabilitate". (Am încercat să mă gândesc la un cuvânt mai puțin urât, dar nu am găsit.)

ADN-ul ia ce e mai bun din ambele lumi. Moleculele de ADN, ca entități fizice, seamănă cu picăturile de rouă. Dacă au condițiile necesare, apar pe lume într-un ritm foarte ridicat, dar nici una nu trăiește mult timp și toate vor fi distruse în puține luni. Nu sunt rezistente ca pietrele. Dar *tiparele* pe care le poartă în secvențele lor sunt la fel de durabile ca rocile cele mai tari. Au ceea ce le trebuie pentru a exista milioane de ani, iată de ce dăinuie și în zilele noastre. Diferența esențială față de picăturile de rouă este aceea că noile picături de rouă nu sunt născute din vechile picături de rouă. Picăturile de rouă seamănă fără îndoială între ele, dar nu în mod special cu „părinții" lor picături de rouă. Spre deosebire de

moleculele ADN, ele nu formează generaţii, şi prin urmare nu pot transmite mai departe mesaje. Picăturile de rouă se nasc prin generaţie spontanee, mesajele ADN, prin replicare.

Truismele de genul „lumea e plină de lucruri care au ceea ce le trebuie pentru a fi pe lume" par vulgare, aproape stupide, până în momentul în care le aplicăm la un tip special de durabilitate, durabilitatea sub forma generaţiilor de cópii multiple. Mesajele ADN au un tip diferit de durabilitate faţă de cea a pietrelor şi un tip diferit de generabilitate faţă de cea a picăturilor de rouă. Pentru moleculele de ADN, „ceea ce le trebuie pentru a fi pe lume" are un înţeles care nu e nici evident, nici tautologic. „Ceea ce le trebuie pentru a fi pe lume" se dovedeşte a fi capacitatea de a construi maşinării complicate ca mine şi ca voi, cele mai complicate lucruri din universul cunoscut. Să vedem cum se poate aşa ceva.

În mod fundamental, explicaţia e aceea că proprietăţile ADN-ului pe care le-am identificat se dovedesc a fi ingredientele de bază necesare pentru orice proces al selecţiei cumulative. În modelele noastre de pe calculator din capitolul 3 am inclus în mod deliberat ingredientele de bază ale selecţiei cumulative. Dacă selecţia cumulativă are loc într-adevăr în lume, trebuie să apară anumite entităţi ale căror proprietăţi să constituie acele ingrediente de bază. Să vedem deci care sunt acele ingrediente şi să ne aducem aminte că aceleaşi ingrediente, cel puţin într-o formă rudimentară, trebuie să fi apărut spontan în trecutul îndepărtat al Pământului, altminteri selecţia cumulativă, şi prin urmare viaţa, nu ar fi existat. Nu vorbim aici în mod special despre ADN, ci despre ingredientele de bază necesare vieţii pentru a apărea oriunde în univers.

Când profetul Ezechiel a ajuns în valea oaselor, el le-a vorbit şi oasele s-au adunat la un loc. Apoi le-a vorbit încă o dată şi în jurul lor au apărut carnea şi tendoanele. Dar încă nu aveau viaţă. Ingredientul vital, ingredientul vieţii, lipsea. O planetă moartă are atomi, molecule şi aglomerări mari de materie, mişcându-se la întâmplare, conform legilor fizicii. Uneori legile fizicii fac ca atomii şi moleculele să se unească precum oasele uscate ale lui Ezechiel, alteori le fac să se despartă. Se pot forma aglomerări destul de

mari de atomi, care apoi se pot sfărâma, iar atomii se separă din nou. Dar tot nu există viaţă.

Ezechiel a chemat cele patru vânturi să aducă suflare în oasele uscate. Care e ingredientul vital pe care trebuie să-l aibă o planetă moartă precum Pământul din trecutul îndepărtat pentru a avea o şansă să prindă viaţă, aşa cum s-a întâmplat cu planeta noastră? Nu e suflarea, nu e vântul, nu e nici un fel de elixir sau de poţiune. Nu este o substanţă, ci o *proprietate*, aceea de autoreplicare. Acesta e ingredientul de bază al selecţiei cumulative. Trebuie cumva, ca urmare a legilor obişnuite ale fizicii, să apară entităţi *autoreplicante* sau, aşa cum le voi numi eu, *replicatori*. În viaţa actuală acest rol este îndeplinit, aproape în întregime, de moleculele de ADN, dar orice entitate în stare să se copieze e bună. Putem bănui că primii replicatori de pe Pământul primitiv nu erau molecule de ADN. E foarte puţin probabil ca o moleculă completă de ADN să fi apărut fără ajutorul altor molecule care există în mod normal doar în celulele vii. Primii replicatori erau probabil mai rudimentari şi mai simpli decât ADN-ul.

Există alte două ingrediente necesare, care rezultă în mod firesc din primul ingredient, autoreplicarea. Trebuie să apară din când în când greşeli în autocopiere; chiar şi sistemul ADN face uneori greşeli, şi probabil că primii replicatori de pe Pământ erau mult mai predispuşi la erori. Apoi, cel puţin câţiva dintre replicatori trebuie să-şi exercite *puterea* asupra propriului viitor. Acest ultim ingredient sună mai sinistru decât este în realitate. Înseamnă doar că anumite proprietăţi ale replicatorilor trebuie să aibă o influenţă asupra probabilităţii ca ei să fie replicaţi. Cel puţin într-o formă rudimentară, aceasta pare să fie o consecinţă inevitabilă a autoreplicării înseşi.

Fiecare replicator are deci cópii pe care şi le face singur. Fiecare copie este la fel cu originalul şi are aceleaşi proprietăţi ca originalul. Între aceste proprietăţi se numără, desigur, proprietatea de a face (uneori cu greşeli) *alte* cópii ale sale. Aşa încât fiecare replicator e potenţialul „strămoş" al unei linii de replicatori descendenţi de lungime nedefinită, care se întinde în viitorul îndepărtat şi se

ramifică pentru a produce, poate, un număr extrem de mare de replicatori descendenţi. Fiecare copie nouă trebuie construită din materia primă aflată la îndemână, mici cărămizi din preajmă. Probabil că replicatorii acţionează ca un fel de matriţă sau şablon. Componente mai mici intră împreună în matriţă pentru a rezulta un duplicat al acesteia. Apoi duplicatul se desprinde şi poate acţiona la rândul lui ca matriţă. Prin urmare, apare o *populaţie* de replicatori care poate spori. Populaţia nu va spori la infinit, fiindcă la un moment dat rezerva de materie primă, elementele mai mici care cad în matriţe, se va epuiza.

Vom introduce acum cel de-al doilea ingredient în raţionamentul nostru. Uneori copierea nu va fi perfectă. Pot avea loc greşeli. Probabilitatea de a apărea erori nu poate fi eliminată complet din nici un proces de copiere, deşi poate fi redusă la un nivel foarte scăzut. Acesta e scopul spre care tind toţi fabricanţii de echipament de înaltă fidelitate, iar procesul de replicare a ADN-ului, după cum am văzut, e spectaculos de eficient în reducerea erorilor. Însă replicarea ADN-ului din zilele noastre reprezintă o înaltă tehnologie, cu tehnici sofisticate de corectură care au fost perfecţionate de-a lungul a numeroase generaţii de selecţie cumulativă. După cum am observat, primii replicatori au fost probabil, prin comparaţie, nişte exemplare relativ rudimentare şi de slabă fidelitate.

Să ne întoarcem acum la populaţia noastră de replicatori pentru a vedea care va fi efectul copierii imperfecte. Vom obţine, evident, în locul unei populaţii uniforme de replicatori identici, o populaţie mixtă. Probabil că multe dintre produsele copierii imperfecte îşi vor fi pierdut proprietatea de autocopiere pe care a avut-o „părintele" lor. Însă câteva vor conserva proprietatea de autoreplicare, fiind diferite de părinte în altă privinţă. Vom avea deci cópii ale erorilor care se vor replica în populaţie.

Când citiţi cuvântul „greşeală" alungaţi din minte orice asociere peiorativă. Înseamnă doar o eroare din punctul de vedere al copierii de înaltă fidelitate. E posibil ca o greşeală să dea naştere unei îmbunătăţiri. Îndrăznesc să spun că multe feluri pretenţioase de mâncare au fost create pentru că un bucătar a făcut o greşeală încercând

să urmeze o rețetă. În măsura în care pot pretinde că am idei științifice originale, acestea au fost uneori neînțelegeri sau interpretări greșite ale ideilor altora. Pentru a ne întoarce la replicatorii primitivi, deși cele mai multe cópii greșite s-au dovedit a fi mai puțin eficiente în copiere sau și-au pierdut complet proprietatea de autocopiere, câteva s-au dovedit probabil mai bune în autoreplicare decât părintele replicator care le-a generat.

Ce înseamnă „mai bune"? În cele din urmă înseamnă „mai eficiente în autoreplicare", dar practic ce înseamnă? Ajungem astfel la cel de-al treilea „ingredient". L-am numit o „putere" și voi arăta imediat de ce. Când am vorbit despre replicare ca despre un proces de ștanțare, am văzut că ultimul pas în proces trebuie să fie desprinderea noii cópii din matriță. Timpul cât durează aceasta poate fi influențat de o proprietate pe care o voi numi „aderență" la vechea matriță. Să presupunem că în populația noastră de replicatori, care e diversificată din pricina vechilor erori de copiere din „trecutul" lor, unele varietăți s-au dovedit a fi mai aderente decât altele. O varietate foarte aderentă se va agăța de fiecare copie nouă pentru mai mult de o oră înainte de a o elibera și de a lăsa procesul să continue. O varietate mai puțin aderentă va elibera noua copie după o fracțiune de secundă de la formarea acesteia. Care dintre cele două varietăți va ajunge să predomine în populația de replicatori? Răspunsul e fără echivoc. Dacă aceasta e singura proprietate prin care diferă cele două varietăți, cea aderentă va deveni mult mai puțin numeroasă în populație. Varietatea neaderentă va naște cópii neaderente de mii de ori mai repede decât cea aderentă. Varietățile cu aderență intermediară vor avea ritmuri intermediare de autopropagare. Va apărea o „tendință evoluționistă" spre reducerea aderenței.

Ceva asemănător cu acest tip de selecție naturală elementară a fost reprodus în eprubetă. Există un virus numit Q-beta, care trăiește ca parazit în bacteria intestinală *Escherichia coli*. Q-beta nu are ADN, dar conține – sau mai degrabă este preponderent formată din – un singur rând de molecule de ARN înrudite. ARN-ul poate fi replicat în același fel ca ADN-ul.

În celula normală moleculele proteice sunt asamblate după indicaţiile planurilor ARN-ului. Acestea sunt cópii de lucru ale planurilor şi provin din matriţele ADN păstrate în preţioasele arhive ale celulei. Dar e posibil teoretic să construim o maşinărie specială – o moleculă proteică, la fel ca restul maşinăriei celulare – care face cópii ARN după alte cópii ARN. Asemenea maşinărie moleculară se numeşte ARN-replicază. Celula bacteriană nu foloseşte în mod normal asemenea maşinării şi nici nu le construieşte. Dar, fiindcă replicaza e o moleculă proteică la fel ca multe altele, versatilele maşinării de construcţie proteică ale celulei bacteriene se pot adapta cu uşurinţă pentru a o construi, aşa cum instalaţiile unei fabrici de autovehicule pot fi transformate cu uşurinţă pe timp de război pentru a fabrica muniţie: e nevoie doar să li se furnizeze planurile corespunzătoare. Aici intră în acţiune virusul.

Virusul produce un plan ARN. La o privire superficială, e greu de deosebit de alte planuri de lucru ARN care plutesc în jur, după ce s-au desprins din matriţa ADN a bacteriei. Dacă însă citiţi textul ARN-ului viral veţi găsi ceva diabolic înscris acolo. Literele dezvăluie un plan de construcţie a ARN-replicazei: construirea de maşinării care să facă mai multe cópii după aceleaşi planuri ARN, care construiesc mai multe maşinării care să facă mai multe cópii ale planurilor, care să facă mai multe...

Aşa încât fabrica e prizonieră în mâna acestor planuri egoiste. Într-un anumit fel parcă cerea să fie atacată. Dacă umpli o uzină cu maşinării atât de sofisticate încât pot face orice le spune orice plan să facă, nu e de mirare că mai devreme sau mai târziu apare un plan care le comandă acestor maşinării să facă cópii după el însuşi. Fabrica se va umple cu tot mai multe asemenea maşinării ticăloase, fiecare producând planuri ticăloase pentru a construi alte maşinării care le vor prolifera. În cele din urmă, nefericita bacterie moare şi eliberează milioane de virusuri care vor infecta noi bacterii. Cam atât despre ciclul normal al vieţii virusului în natură.

Am numit ARN-replicaza şi ARN-ul o maşinărie şi, respectiv, un plan. Într-un anumit sens asta şi sunt (vom discuta pe alte baze despre acest lucru într-un alt capitol), dar sunt şi molecule, iar acum

chimiştii le pot purifica, încapsula şi aşeza pe un raft. Asta au făcut Sol Spiegelman şi colegii lui în America în anii 1960. Apoi au pus laolaltă două molecule în soluţie şi s-a întâmplat ceva fascinant. În eprubetă, moleculele de ARN au acţionat ca matriţe pentru sinteza unor cópii ale lor însele, ajutate de prezenţa ARN-replicazei. Uneltele şi planurile maşinăriei fuseseră extrase şi puse la rece separat. Apoi, imediat ce au ajuns în contact între ele şi cu micile molecule de care aveau nevoie ca materie primă, în apă, ambele s-au întors la vechile lor îndeletniciri, deşi nu se mai aflau într-o celulă vie, ci într-o eprubetă.

Nu este chiar un pas de aici până la selecţie naturală şi evoluţie în laborator. Este doar o versiune chimică a biomorfelor din calculator. În cadrul experimentului se aşază una după alta într-un şir lung eprubete în care se află soluţie de ARN-replicază şi materie primă, micile molecule care pot fi folosite pentru sinteza ARN. Fiecare eprubetă conţine uneltele maşinăriei şi materia primă, dar deocamdată nu se întâmplă nimic, fiindcă lipseşte planul de lucru. Apoi se picură o cantitate mică de ARN în prima eprubetă. Aparatul-replicază se pune imediat în funcţiune şi fabrică multe cópii ale nou introdusei molecule de ARN, cópii care se împrăştie în toată eprubeta. Acum o picătură din soluţia formată în prima eprubetă se extrage şi se pune în cea de-a doua. Procesul se repetă în cea de-a doua eprubetă, apoi se recoltează o picătură pentru a însămânţa a treia eprubetă şi aşa mai departe.

Din când în când apare spontan, din pricina unor greşeli aleatoare de copiere, câte o moleculă de ARN mutant uşor diferită. Dacă, dintr-un motiv sau altul, noua varietate e superioară în competiţia cu cea veche, superioară în sensul că, poate din pricina „adezivităţii" sale scăzute, se copiază mai repede sau mai eficient, noua varietate se va răspândi evident prin toată eprubeta în care apare, copleşind numeric tipul de părinte care i-a dat naştere. Apoi, când o picătură de soluţie e prelevată din eprubetă şi introdusă în următoarea, însămânţarea va fi făcută cu noua varietate mutantă. Dacă examinăm ADN-ul de-a lungul şirului de eprubete, vedem ceva ce nu poate fi numit decât transformare evolutivă. Varietăţile

de ARN superioare competitiv produse la capătul mai multor „generaţii" de eprubete pot fi încapsulate şi păstrate pentru utilizări ulterioare. De pildă, o varietate numită V2 se copiază mult mai rapid decât ARN-ul Q-beta normal probabil fiindcă e mai mică. Spre deosebire de ARN-ul Q-beta, nu trebuie să se „obosească" să aibă planurile pentru a construi replicaze. Replicaza e furnizată „gratis" de experimentatori. ARN-ul V2 a fost folosit ca punct de pornire pentru un interesant experiment al lui Leslie Orgel şi al colegilor săi, efectuat în California în cadrul căruia au impus un mediu „dificil".

Ei au adăugat în eprubete o otravă numită bromură de etidiu, care inhibă sinteza ARN: împiedică funcţionarea uneltelor maşinăriei. Orgel şi colegii săi au început cu o soluţie slabă de otravă. La început, otrava a încetinit mult ritmul sintezei, dar, după aproximativ nouă „generaţii" de transferuri în eprubete, a fost selectată o nouă tulpină de ARN rezistentă la otravă. Ritmul sintezei ARN a fost apoi comparabil cu cel al ARN-ului V2 normal în absenţa otrăvii. Apoi, Orgel şi colegii săi au dublat concentraţia otrăvii. Din nou ritmul de replicare a ARN-ului a scăzut, dar după vreo 10 transferuri în eprubete s-a dezvoltat o nouă tulpină de ARN, imună chiar şi la concentraţia mai mare a otrăvii. Apoi concentraţia otrăvii a fost din nou dublată. Astfel, prin dublări succesive, au reuşit să obţină o tulpină de ARN care se autoreplica în medii cu concentraţii foarte mari de bromură de etidiu, de 10 ori concentraţia soluţiei care a inhibat ARN-ul V2 iniţial. Au numit noul ARN rezistent V40. Evoluţia de la V2 la V40 a necesitat cam 100 de „generaţii" de transferuri în eprubete (desigur, multe generaţii s-au perindat şi în intervalul dintre transferuri).

Orgel a făcut şi experimente în care nu a furnizat enzime. El a descoperit că moleculele de ARN se pot replica spontan în aceste condiţii, chiar dacă foarte încet. S-ar părea că au nevoie de o altă substanţă catalizatoare, cum ar fi zincul. Este foarte important deoarece, în primele zile de viaţă, când au apărut primii replicatori, nu putem presupune că în preajma lor s-ar fi aflat enzime care să-i ajute la copiere. Dar se pare că exista zinc.

Experimentul complementar a fost efectuat acum zece ani într-un laborator al influentei şcoli germane care studiază originea vieţii sub îndrumarea lui Manfred Eigen*. Cercetătorii au adăugat replicază şi „cărămizi" pentru ARN în eprubete, dar *nu* au însămânţat soluţia cu ARN. Cu toate acestea, în acel mediu s-a format spontan o moleculă de ARN deosebit de mare, iar aceeaşi moleculă a evoluat din nou şi din nou în experimente consecutive independente! Verificări amănunţite au arătat că nu a fost posibilă infectarea accidentală cu molecule de ARN. Este un rezultat remarcabil dacă ne gândim la improbabilitatea statistică de reapariţie spontană a unei molecule de asemenea dimensiuni. E mult mai improbabil decât să baţi la maşină EU GĂSESC CĂ SEAMĂNĂ CU O NEVĂSTUICĂ. La fel ca fraza aceasta din modelul nostru de pe calculator, molecula de ARN a fost construită prin evoluţie treptată, *cumulativă*.

Varietatea de ARN produsă în mod repetat prin aceste experimente a avut aceeaşi dimensiune şi structură ca moleculele produse de Spiegelman. Dar, în timp ce moleculele lui Spiegelman au evoluat prin „degenerarea" ARN-ului Q-beta viral mare, cele ale lui Eigen s-au construit singure din aproape nimic. Această formulă particulară e bine adaptată la un mediu care constă în eprubete pline cu replicază gata preparată. Apare deci o convergenţă prin selecţie evolutivă, punctele de pornire fiind foarte îndepărtate. Moleculele de ARN Q-beta, mai mari, sunt mai puţin adaptate la mediul din eprubetă, dar mai bine adaptate la mediul furnizat de celulele de *E. coli*.

Experimentele de acest gen ne ajută să înţelegem natura complet automată şi nedeliberată a selecţiei naturale. „Maşinăriile"-replicază nu „ştiu" de ce construiesc moleculele de ARN: ce fac e doar un efect al formei lor. Iar moleculele de ARN nu pun la punct o strategie pentru a se autoreplica. Chiar dacă ar putea gândi, nu există vreun motiv evident pentru care o entitate raţională să-şi

* Manfred Eigen (n. 1927): biofizician german, Premiul Nobel pentru chimie în 1967. (*N. t.*)

dorească să se copieze. Dacă aș ști cum să mă copiez pe mine însumi, nu cred că aș acorda acestui proiect o prioritate deosebită față de alte lucruri pe care aș vrea să le fac – de ce aș face-o? Însă motivația e irelevantă pentru molecule. Se *întâmplă* doar că structura ARN-ului viral este de așa natură, încât determină mașinăriile celulare să dea naștere unor copii ale lor. Și dacă vreo entitate, oriunde în univers, ar avea proprietatea de a fi foarte bună la fabricarea unor duplicate după ea însăși, atunci evident vor apărea din ce în ce mai multe duplicate ale acelei entități. Mai mult, dat fiind că ele formează automat generații și sunt din când în când copiate greșit, versiunile mai târzii vor avea tendința de a fi și mai „bune" la fabricarea de duplicate decât cele timpurii, datorită puternicului proces al selecției cumulative. Totul e extrem de simplu și automat. E atât de previzibil încât e aproape inevitabil.

O moleculă de ARN de „succes" în eprubetă este de succes datorită unei proprietăți directe și intrinsece, uneori analogă „adezivității" din exemplul meu ipotetic. Însă proprietățile de tipul „adezivității" sunt banale. Sunt proprietăți elementare ale replicatorului însuși, care au efect direct asupra probabilității lui de a fi replicat. Dar dacă replicatorul ar avea un oarecare efect asupra altui lucru, care să influențeze alt lucru... care, în cele din urmă, să influențeze indirect șansele replicatorului de a fi replicat? Puteți observa că, dacă un asemenea lung lanț cauzal ar exista, adevărul fundamental ar sta încă în picioare. Replicatorii care se întâmplă să aibă ceea ce e necesar pentru a fi replicați vor ajunge să predomine, *indiferent cât de lung și de indirect* e lanțul cauzal prin care își influențează probabilitatea de a fi replicați. Iar lumea se va umple de verigi ale acestui lanț cauzal. Vom vedea aceste verigi și ne vom minuna de ele.

Le vedem mereu la organismele moderne. Ele sunt ochii, pielea, oasele, degetele, creierul și instinctele. Aceste lucruri sunt uneltele replicării ADN-ului. Ele sunt generate de ADN, în sensul că diferențele dintre ochi, piele, oase, instincte etc. sunt produse de diferențe în ADN. Ele își exercită influența asupra replicării ADN-ului care le-a produs, influențând supraviețuirea și reproducerea corpurilor lor – care conțin același ADN și a căror soartă e prin urmare

împărtăşită de ADN. Aşadar, ADN-ul însuşi exercită o influenţă asupra propriei sale replicări prin atributele corpurilor. Se poate spune că ADN-ul are putere asupra propriului său viitor, iar corpurile, organele lor şi tiparele lor comportamentale sunt instrumentele acestei puteri.

Când vorbim despre putere, vorbim despre consecinţele replicatorilor care îşi influenţează propriul viitor, oricât de indirecte ar fi ele. Nu contează câte verigi se află în lanţul care se întinde de la cauză la efect. Dacă o entitate autoreplicatoare e cauza, efectul, oricât de indirect sau îndepărtat, poate face obiectul selecţiei naturale. Voi rezuma ideea generală spunându-vă o poveste despre castori. În detalii este ipotetică, dar cu siguranţă nu e departe de adevăr. Deşi nimeni nu a făcut cercetări asupra dezvoltării conexiunilor cerebrale la castor, s-au făcut cercetări pe alte animale, cum ar fi viermii. Voi împrumuta concluziile, aplicându-le castorilor, fiindcă pentru mulţi oameni ei sunt mai interesanţi şi mai simpatici decât viermii.

O genă mutantă la castor este doar schimbarea unei litere într-un text de miliarde de litere; o schimbare survenită la o anumită genă G. Pe măsură ce tânărul castor creşte, schimbarea se copiază, alături de toate celelalte litere ale textului, în toate celulele castorului. În cele mai multe celule, gena G nu este citită; alte gene, importante pentru activitatea celulelor de alte tipuri, sunt citite. Totuşi G este citită în unele celule ale creierului aflat în dezvoltare. Este citită şi transcrisă în cópii ARN. Copiile de lucru ARN plutesc în interiorul celulelor şi în cele din urmă unele dintre ele dau peste maşinăriile producătoare de proteine numite ribozomi. Maşinăriile producătoare de proteine citesc planurile de lucru ARN şi fabrică proteine după indicaţiile acestora. Aceste molecule proteice se curbează într-o formă determinată de propria lor secvenţă de aminoacizi, care e la rândul ei guvernată de secvenţa de cod ADN a genei G. Când G suferă o mutaţie, modificarea produce o diferenţă crucială în secvenţa de aminoacizi specificată de gena G, prin urmare şi în forma încolăcită a moleculei proteice.

Aceste molecule proteice uşor alterate sunt produse în masă de maşinăriile producătoare de proteine din interiorul celulelor cerebrale aflate în dezvoltare. Ele, la rândul lor, acţionează ca enzime, maşinării care produc alţi compuşi în celulă, produsele genei. Produsele genei G îşi croiesc drum în membrana care înconjoară celula şi se implică în procesele prin care celula intră în legătură cu alte celule. Din pricina uşoarei alterări a planurilor ADN iniţiale, ritmul producerii anumitor compuşi membranari se schimbă. Acest lucru va modifica felul în care unele celule cerebrale aflate în dezvoltare se conectează între ele. A avut loc o alterare subtilă a schemei de conexiuni dintr-o anumită zonă a creierului castorului, consecinţă indirectă şi într-adevăr îndepărtată a schimbării apărute în textul ADN.

Se întâmplă ca această parte anume a creierului castorului, datorită poziţiei sale în ansamblul schemei de conexiuni, să fie implicată în comportamentul de construire a barajelor pe care îl are castorul. Desigur, părţi mai mari ale creierului sunt implicate ori de câte ori castorul construieşte un dig, însă, atunci când mutaţia G afectează această parte specială a schemei de conexiuni cerebrale, schimbarea are un efect special asupra comportamentului. Îl determină pe castor să ţină capul mai sus atunci când înoată cu o bucată de lemn între fălci. Mai sus, adică mai sus decât îl ţine un castor care nu a suferit mutaţia. Acest lucru face ca apa să spele mai puţin noroiul de pe bucata de lemn în timpul călătoriei. Acest lucru creşte adezivitatea lemnului, ceea ce înseamnă că, atunci când castorul îl înfige în baraj, acesta va avea o probabilitate mai mare de a rămâne acolo. Această regulă va putea fi aplicată tuturor bucăţilor de lemn aduse de orice castor care a suferit mutaţia. Adezivitatea crescută a lemnelor este o consecinţă, din nou foarte indirectă, a alterării în textul ADN.

Adezivitatea crescută a bucăţilor de lemn face ca barajul să fie o structură mai solidă, mai greu de distrus. Acest lucru, la rândul lui, creşte dimensiunile iazului creat de baraj, ceea ce face ca zona din mijlocul iazului să devină un loc mai ferit de prădători. Astfel, numărul progeniturilor va tinde să crească. Dacă privim întreaga

populație de castori, cei ce posedă gena mutantă vor avea în medie mai mulți urmași decât cei ce nu posedă gena mutantă. Acei urmași vor moșteni în număr mai mare cópii ale genei modificate a părinților lor. Prin urmare, în populație această formă a genei va deveni din ce în ce mai numeroasă odată cu trecerea generațiilor. În cele din urmă ea va deveni regula și nu va mai merita numele de „mutantă". Barajele castorilor în general vor fi mai bune.

Faptul că această poveste e ipotetică și că detaliile pot fi incorecte este irelevant. Barajul castorilor a evoluat prin selecție naturală, și prin urmare ceea ce s-a întâmplat nu poate fi foarte diferit, cu excepția detaliilor practice, de povestea pe care am spus-o. Consecințele generale ale acestei perspective asupra vieții sunt explicate în cartea mea *Fenotipul extins* și nu voi repeta aici argumentele. Veți observa că în această poveste ipotetică există nu mai puțin de 11 verigi în lanțul cauzal dintre gena modificată și supraviețuirea îmbunătățită. Fiecare dintre aceste verigi, fie că e vorba de un efect care să acționeze asupra chimiei celulei, fie de un efect tardiv asupra modului în care se conectează celulele cerebrale, fie chiar de un efect și mai întârziat asupra comportamentului sau de efectul final asupra dimensiunii iazului, se poate considera pe drept cuvânt că e *produsă* de o schimbare în ADN. Nu ar fi contat nici dacă erau 111 verigi. Orice efect pe care îl are o modificare genetică asupra propriei probabilități de replicare implică selecția naturală. Totul e extrem de simplu, încântător de automat și de nepremeditat. Este aproape inevitabil, odată ce ingredientele fundamentale ale selecției cumulative – replicarea, eroarea și puterea – ajung în scenă. Dar cum s-a întâmplat? Cum au apărut pe Pământ aceste ingrediente înaintea vieții? Vom vedea cum se poate răspunde la această întrebare dificilă în următorul capitol.

CAPITOLUL 6

Origini şi miracole

Întâmplare, noroc, coincidenţă, miracol. Unul dintre principalele subiecte ale acestui capitol sunt miracolele şi semnificaţia pe care le-o dăm. Teza mea este că întâmplările pe care le numim de regulă miracole nu sunt supranaturale, ci fac parte din spectrul evenimentelor naturale mai mult sau mai puţin probabile. Cu alte cuvinte, un miracol, dacă într-adevăr se produce, este noroc chior. Evenimentele nu se împart în evenimente naturale şi miracole.

Există evenimente prea improbabile pentru a fi observate, dar nu putem şti acest lucru până nu facem unele calcule. Iar pentru a face aceste calcule trebuie să ştim cât de mult *timp* a avut la dispoziţie, mai general câte *ocazii* au existat pentru ca evenimentul să se petreacă. Dacă timpul e infinit sau ocaziile sunt infinite, orice e cu putinţă. Numerele mari, astronomice, şi perioadele lungi de timp din geologie se combină pentru a ne da peste cap estimările de zi cu zi privind ce e de aşteptat şi ce e miraculos. Voi ilustra această idee făcând apel la un exemplu particular, care va constitui cealaltă temă majoră a acestui capitol. Exemplul este problema apariţiei vieţii pe Pământ. Pentru mai multă claritate voi alege în mod arbitrar o anume teorie asupra originii vieţii, deşi oricare dintre teoriile moderne ar putea servi acestui scop.

Putem accepta o doză de noroc în explicaţiile noastre, dar nu prea mult. Întrebarea e *cât* de mult. Imensitatea erelor geologice ne îndreptăţeşte să postulăm coincidenţe mai improbabile decât ar accepta un tribunal, dar, chiar şi în aceste condiţii, există limite. Selecţia cumulativă este cheia tuturor explicaţiilor noastre moderne privind viaţa. Ea leagă o serie de evenimente norocoase acceptabile (mutaţii aleatoare) într-un şir nealeator, astfel încât produsul

final de la capătul lui ne dă iluzia că e rezultatul unui noroc extraordinar, mult prea improbabil ca să fi apărut din pură şansă, chiar presupunând că a avut la dispoziţie de milioane de ori mai mult timp decât vârsta universului nostru. Selecţia cumulativă e cheia, dar trebuie să aibă un punct de pornire, iar noi nu ne putem sustrage cerinţei de a postula existenţa unui eveniment norocos *dintr-un singur pas* care se află la originea selecţiei cumulative înseşi.

Acest prim pas esenţial a fost unul dificil, pentru că pare să conţină un paradox. Procesele de replicare pe care le cunoaştem par să aibă nevoie de maşinării complicate pentru a se desfăşura. În prezenţa unei „maşinării" precum replicaza, fragmentele de ARN vor evolua în mod repetat şi convergent spre acelaşi punct final, un punct final a cărui „probabilitate" pare extrem de mică dacă nu luăm în calcul puterea selecţiei cumulative. Dar declanşarea acestei selecţii cumulative trebuie cumva ajutată. Nu va funcţiona dacă nu îi furnizăm un catalizator, cum era „maşinăria" numită replicază din capitolul anterior. Iar acest catalizator, se pare, nu are şanse prea mari să apară spontan, cu excepţia cazului în care acţionează alte molecule de ARN. Moleculele de ADN se copiază în complicata maşinărie a celulei, iar cuvintele scrise se copiază în maşinăriile Xerox, dar nici unele, nici altele nu par să se poată replica spontan în absenţa maşinăriilor auxiliare. Un copiator Xerox îşi poate copia propriile sale planuri, dar nu poate apărea pe lume în mod spontan. Biomorfele se copiază cu repeziciune într-un mediu furnizat de un program de calculator scris corespunzător, dar nu îşi pot scrie propriul program şi nici nu pot construi un calculator care să-l ruleze. Teoria ceasornicarului orb e foarte puternică cu condiţia să existe replicarea şi prin urmare selecţia cumulativă. Dar dacă replicarea are nevoie de maşinării complexe, iar singura cale cunoscută prin care poate să apară o maşinărie complexă e selecţia cumulativă, atunci avem o problemă.

Cu siguranţă că maşinăria celulară modernă, aparatul replicării ADN şi al sintezei proteice, are toate caracteristicile unui instrument extrem de evoluat şi conceput cu un scop anume. Am văzut

cât de uimitoare e precizia cu care stochează datele. La scara lui ultraminiaturală, reprezintă un proiect la fel de elaborat şi de complex ca ochiul uman la o scară mai mare. Toţi cei care au reflectat asupra acestui lucru sunt de acord că un aparat atât de complex cum e ochiul uman nu poate apărea pe lume prin selecţia într-un singur pas. Din păcate, acelaşi lucru pare să fie valabil cel puţin pentru unele părţi ale aparatului celular prin care ADN-ul se autocopiază, iar acest lucru se aplică nu numai celulelor din fiinţele evoluate cum suntem noi şi amibele, ci şi unor fiinţe mai primitive cum sunt bacteriile şi algele albastre.

Selecţia cumulativă poate crea complexitatea, în timp ce selecţia într-un singur pas, nu. Dar selecţia cumulativă nu poate acţiona decât în prezenţa unei minime maşinării de replicare şi a puterii de replicare, iar singura maşinărie de replicare pe care o cunoaştem pare prea complicată pentru a fi apărut pe lume altfel decât prin numeroase generaţii de selecţie cumulativă! Unii consideră că acest lucru e un viciu fundamental al întregii teorii a ceasornicarului orb. Ei văd aici dovada absolută că undeva la origini trebuie să fi existat un arhitect, nu un ceasornicar *orb*, ci un ceasornicar supranatural, clarvăzător. Poate că, susţin ei, Creatorul nu controlează succesiunea de zi cu zi a evenimentelor evolutive; poate că nu a născocit tigrul şi mielul, poate că nu a făurit un copac, dar *cu siguranţă* a creat maşinăria iniţială de replicare şi puterea de replicare, maşinăria iniţială a ADN-ului şi proteina care fac posibilă selecţia cumulativă şi, prin urmare, întreaga evoluţie.

Este un argument destul de şubred şi evident vicios. Complexitatea organizată e lucrul pe care ne străduim să-l explicăm. Odată ce ne permitem pur şi simplu să *postulăm* complexitatea organizată, fie doar şi complexitatea organizată a mecanismului de replicare ADN/proteină, e relativ uşor s-o invocăm ca explicaţie pentru generarea unei şi mai mari complexităţi organizate. Acesta e într-adevăr subiectul predilect al cărţii. Dar e limpede că orice zeu în stare să proiecteze ceva atât de complex cum e mecanismul de replicare ADN/proteină trebuie să fi fost cel puţin la fel de complex şi de organizat ca mecanismul însuşi. Ba chiar cu mult mai mult,

dacă presupunem că *în plus* e în stare de funcții atât de avansate cum sunt ascultarea rugăciunilor și iertarea păcatelor. A explica originea mecanismului ADN/proteină invocând un Arhitect supranatural înseamnă a nu explica absolut nimic, fiindcă originea Arhitectului rămâne neexplicată. Puteți spune „Dumnezeu a existat dintotdeauna", iar dacă acceptați asemenea soluții comode puteți la fel de bine să spuneți și „ADN-ul a existat dintotdeauna" sau „Viața a existat dintotdeauna", iar cu asta ați încheiat totul.

Cu cât ne debarasăm mai mult de miracole, mari improbabilități, coincidențe fantastice și putem în mai mare măsură împărți evenimentele extrem de norocoase într-o serie cumulativă de evenimente presupunând un noroc mai mic, cu atât mai satisfăcătoare vor fi explicațiile noastre pentru mințile raționale. În acest capitol ne punem însă întrebarea *cât* de improbabil, cât de *miraculos* e singurul eveniment pe care trebuie să-l postulăm. Care e cel mai mare eveniment unic produs prin noroc chior, coincidență pură, pe care îl putem impune în teoriile noastre așa încât să avem o explicație satisfăcătoare a vieții? Pentru ca o maimuță să poată scrie din întâmplare „Eu găsesc că seamănă cu o nevăstuică", ea are nevoie de foarte mult noroc, dar un noroc măsurabil. Am calculat că șansele sunt de unu la 10 mii de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane de milioane (10^{40}). Nimeni nu-și poate imagina cu adevărat un asemenea număr, iar acest grad de improbabilitate e pentru noi sinonim cu imposibilul. Dar, deși nu putem cuprinde cu mintea aceste niveluri de improbabilitate, nu trebuie să fugim îngroziți. Numărul 10^{40} e foarte mare, dar poate fi scris și folosit în calcule. Există, în fond, numere și mai mari: 10^{46}, de pildă, nu este doar mai mare; 10^{40} trebuie înmulțit de un milion de ori cu el însuși pentru a obține 10^{46}. Ce-ar fi dacă am reuși cumva să adunăm un grup de 10^{46} maimuțe, fiecare cu mașina ei de scris? Mai mult ca sigur că una dintre ele va dactilografia „Eu găsesc că seamănă cu o nevăstuică", iar alta „Gândesc, deci exist". Problema este că, evident, nu putem aduna atâtea maimuțe. Dacă întreaga materie din univers s-ar transforma în carne de maimuță, tot nu am putea obține atâtea maimuțe. Miracolul unei maimuțe

care scrie „Eu găsesc că seamănă cu o nevăstuică" e cantitativ prea mare, *măsurabil* prea mare pentru a-l accepta în teoria noastră despre ce se întâmplă în realitate. Dar nu putem şti asta până nu ne apucăm să facem calcule.

Prin urmare, există niveluri ale norocului pur care nu doar depăşesc firava imaginaţie umană, ci devin şi imposibil de acceptat în calculele noastre raţionale privind originile vieţii. Dar, pentru a repeta întrebarea, cât de mult noroc, cât miracol avem voie să postulăm? Să nu ocolim această întrebare doar pentru că sunt implicate numere mari. E o întrebare absolut îndreptăţită şi putem măcar aşterne pe hârtie acele lucruri pe care avem nevoie să le cunoaştem pentru a calcula răspunsul.

Iată acum un gând fascinant. Răspunsul la întrebarea noastră – cât de mult noroc avem voie să postulăm? – depinde de o alta: este planeta noastră singura pe care a apărut viaţa sau viaţa există pretutindeni în univers? Tot ce ştim cu certitudine este că viaţa a apărut o dată, chiar pe această planetă. Dar nu avem nici cea mai vagă idee dacă mai există viaţă în altă parte în univers. Se prea poate să nu existe. Unii au calculat că trebuie să existe viaţă şi în altă parte, bazându-se pe următorul raţionament (nu voi sublinia eroarea decât după enunţarea lui). Există în univers probabil cel puţin 10^{20} (adică 100 de miliarde de miliarde) planete relativ propice vieţii. Ştim că viaţa a apărut aici, deci nu poate fi chiar atât de improbabilă. Prin urmare, este aproape inevitabil ca măcar pe câteva dintre aceste miliarde de miliarde de planete să existe viaţă.

Eroarea raţionamentului se află în deducţia conform căreia, *din moment ce viaţa a apărut aici*, ea nu poate fi extrem de improbabilă. Veţi observa că această deducţie se bazează pe presupunerea că ceea ce s-a întâmplat pe Pământ e probabil să se fi întâmplat şi în altă parte în univers, iar astfel intrăm într-un cerc vicios. Cu alte cuvinte, acest tip de argument statistic conform căruia trebuie să existe viaţă în altă parte în univers pe motiv că există viaţă aici presupune tocmai ceea ce trebuie demonstrat. Asta nu înseamnă că e neapărat falsă concluzia potrivit căreia există viaţă pretutindeni în univers. După mine este, probabil, corectă. Înseamnă doar

că acest raţionament care conduce la ea nu are nici o valoare. E o simplă presupunere.

Să considerăm, de dragul discuţiei, ipoteza alternativă – viaţa a apărut o singură dată, şi anume aici, pe Pământ. Putem respinge această presupunere din raţiuni subiective. Nu vi se pare teribil de medievală? Nu vă aminteşte de vremurile când biserica ne învăţa că Pământul e centrul universului şi că stelele sunt doar mici puncte de lumină puse pe cer pentru încântarea noastră (sau, şi mai absurd, că stelele sunt acolo pentru a-şi exercita influenţele astrologice asupra măruntelor noastre vieţi)? De câtă trufie e nevoie pentru a presupune că, dintre miliardele de miliarde de planete din univers, propria noastră fundătură de lume, din propria noastră fundătură de sistem solar, din propria noastră fundătură de galaxie, putea fi singura aleasă pentru viaţă? De ce trebuia să fie neapărat planeta *noastră*?

Mă bucur că am scăpat de îngustimea gândirii bisericii medievale şi îi disprețuiesc pe astrologii moderni, dar mă tem că retorica fundăturii din paragraful anterior e doar retorică goală. E *perfect* posibil ca fundătura noastră de planetă să fie într-adevăr singura pe care a apărut vreodată viaţa. Dacă ar exista doar o singură planetă pe care să fi apărut viaţa, atunci ea trebuie neapărat să fie planeta noastră, pentru simplul motiv că „noi" suntem cei care ne punem acum această problemă! Dacă apariţia vieţii este un eveniment atât de improbabil încât s-a petrecut pe o singură planetă din univers, atunci acea planetă trebuie să fie a noastră. Deci nu putem folosi faptul că pe Pământ există viaţă pentru a trage concluzia că viaţa trebuie să fie suficient de probabilă pentru a apărea pe o altă planetă. Un asemenea raţionament ne duce într-un cerc vicios. Trebuie să avem date independente despre cât de uşor sau de greu e ca viaţa să apară pe o planetă înainte de a răspunde la întrebarea pe câte alte planete din univers există viaţă.

Dar nu aceasta era problema noastră. Noi ne întrebam cât noroc avem voie să postulăm într-o teorie asupra originii vieţii pe Pământ. Am spus că răspunsul depinde de apariţia vieţii o singură dată sau de mai multe ori. Să începem prin a da un nume probabilităţii, fie

ea cât de scăzută, ca viaţa să fi apărut pe o planetă oarecare. Să numim acest număr probabilitatea generării spontane sau PGS. La acest PGS vom ajunge dacă ne vom apleca asupra cărţilor de chimie sau dacă vom declanşa scântei prin amestecuri plauzibile de gaze atmosferice în laborator, şi dacă vom calcula şansele de apariţie spontană a moleculelor replicante într-o atmosferă planetară tipică. Să presupunem că cea mai bună estimare pentru PGS e un număr foarte mic, de pildă unu la un miliard. E o probabilitate atât de mică, încât nu avem nici cea mai slabă speranţă de a reproduce în experimente de laborator un eveniment atât de norocos şi miraculos cum e crearea vieţii. Dar dacă presupunem, aşa cum suntem perfect îndreptăţiţi s-o facem de dragul discuţiei, că viaţa a apărut doar o singură dată în univers, rezultă că *avem voie* să postulăm o cantitate foarte mare de noroc într-o teorie, fiindcă există atât de multe planete în univers pe care *ar fi putut* apărea viaţa. Dacă, aşa cum s-a estimat, există 100 de miliarde de miliarde de planete, numărul acesta este de 100 de miliarde de ori mai mare decât inversul infimului PGS pe care l-am postulat. Pentru a duce la capăt raţionamentul, cantitatea maximă de noroc pe care avem voie să-l presupunem, înainte de a respinge o anume teorie asupra originii vieţii, este de unu la *N*, unde *N* este numărul de planete propice vieţii din univers. Există multe lucruri în spatele sintagmei „propice vieţii", dar să impunem o limită inferioară de 1 la 100 de miliarde de miliarde cantităţii maxime de noroc pe care acest raţionament ne permite să-l presupunem.

Gândiţi-vă ce înseamnă acest lucru. Mergem la un chimist şi îi spunem: scoate-ţi manualele şi calculatorul; ascute-ţi creionul şi spiritul; umple-ţi capul cu formule şi retortele cu amoniac, hidrogen, dioxid de carbon şi toate celelalte gaze pe care ar trebui să le aibă o planetă primitivă şi lipsită de viaţă; găteşte-le pe toate împreună; trimite scântei electrice prin atmosferele tale simulate şi scântei de inspiraţie prin creier; foloseşte metodele tuturor chimiştilor tăi isteţi şi dă-ne cea mai bună estimare asupra probabilităţii ca pe o planetă tipică să apară spontan o moleculă autoreplicantă. Sau, altfel spus, cât de mult ar trebui să aşteptăm pentru

ca evenimentele chimice aleatoare de pe planetă, agitaţia termică aleatoare a atomilor şi moleculelor să dea naştere unei molecule autoreplicante?

Chimiştii nu cunosc răspunsul la această întrebare. Cei mai mulţi chimişti din ziua de azi ar spune probabil că ar trebui să aşteptăm foarte mult timp după standardele vieţii umane, dar nu foarte mult după standardele timpului cosmologic. Istoria fosilelor de pe Pământ sugerează că e vorba de aproximativ un miliard de ani – un „eon", pentru a folosi o definiţie modernă convenabilă – fiindcă acesta e aproximativ intervalul scurs între formarea Pământului acum aproape 4,5 miliarde de ani şi era primelor organisme fosile. Însă, graţie raţionamentului legat de „numărul de planete", chiar dacă chimiştii ne spun că până la apariţia unui „miracol" trebuie să aşteptăm un miliard de miliarde de ani – mult mai mult decât vârsta universului –, verdictul lor nu are de ce să ne tulbure. Probabil că în univers există mai mult de un miliard de miliarde de planete propice vieţii. Dacă fiecare dintre ele ar dăinui la fel de mult ca Pământul, înseamnă că am avea aproximativ un miliard de miliarde de ani-planetă la dispoziţie. Ar fi de ajuns. Printr-o înmulţire, miracolul s-a transformat într-o posibilitate practică.

În acest raţionament există o presupunere tacită. De fapt, sunt mai multe, dar eu vreau să vorbesc despre una dintre ele: odată apărută viaţa (adică replicatorii şi selecţia cumulativă), ea se dezvoltă întotdeauna până în punctul în care fiinţele devin suficient de inteligente pentru a-şi pune întrebări legate de originea lor. Dacă renunţăm la ea, estimarea noastră privind cantitatea de noroc pe care avem voie s-o postulăm trebuie redusă corespunzător. Mai precis, probabilitatea minimă ca viaţa să apară pe o planetă oarecare, pe care teoriile noastre ne permit s-o postulăm, este probabilitatea ca viaţa, odată apărută, să devină suficient de inteligentă pentru a-şi pune întrebări privind originea sa înmulţită cu numărul de planete disponibile.

Ar putea trezi nedumeriri faptul că „suficient de inteligentă pentru a-şi pune întrebări privind originea sa" este o variabilă relevantă. Pentru a înţelege de ce este aşa, să luăm în considerare o

ipoteză alternativă. Să presupunem că apariţia vieţii a fost un eveniment destul de probabil, dar că evoluţia ulterioară a inteligenţei a fost extrem de improbabilă, necesitând o cantitate enormă de noroc. Să presupunem că apariţia inteligenţei e atât de improbabilă încât a avut loc pe o singură planetă din univers, chiar dacă viaţa a apărut pe multe planete. Deci, din moment ce ştim că suntem suficient de inteligenţi pentru a discuta problema, ştim că Pământul trebuie să fi fost acea planetă. Să presupunem acum că apariţia vieţii *şi* apariţia inteligenţei odată ce viaţa există sunt *ambele* evenimente extrem de improbabile. Atunci probabilitatea ca o planetă oarecare, aşa cum este Pământul, să aibă parte de ambele şanse extraordinare este produsul a două probabilităţi foarte mici, adică o probabilitate mult mai mică.

Este ca şi cum, în teoria noastră despre cum am apărut pe lume, ni s-ar permite să postulăm o anumită raţie de noroc. Această raţie are ca limită superioară numărul planetelor disponibile din univers. Dată fiind raţia de noroc, putem s-o „cheltuim" ca pe un bun limitat în cursul explicării propriei noastre existenţe. Dacă folosim aproape toată raţia de noroc în teoria despre apariţia vieţii pe o planetă, atunci nu mai putem postula decât foarte puţin noroc în următoarele părţi ale teoriei noastre, de pildă în evoluţia cumulativă a creierului şi a inteligenţei. Dacă nu ne folosim toată raţia de noroc în teoria privind apariţia vieţii, ne rămâne un rest pentru a-l cheltui în teoriile privind evoluţia ulterioară, după declanşarea selecţiei cumulative. Dacă vrem să folosim cea mai mare parte a norocului în teoria privind apariţia inteligenţei, înseamnă că nu vom avea prea mult de cheltuit pentru teoria privind apariţia vieţii: trebuie să găsim o teorie care să facă apariţia vieţii aproape inevitabilă. Pe de altă parte, dacă nu avem nevoie de întreaga raţie de noroc pentru aceste două etape ale teoriei noastre, putem folosi surplusul pentru a postula existenţa vieţii altundeva în univers.

Eu cred că, odată declanşată selecţia cumulativă, e nevoie să postulăm doar o cantitate relativ mică de noroc pentru evoluţia ulterioară a vieţii şi a inteligenţei. Odată lansată, selecţia cumulativă mi se pare suficient de puternică pentru a face ca evoluţia

inteligenței să fie probabilă, dacă nu chiar inevitabilă. Aceasta înseamnă că putem, dacă vrem, să ne cheltuim practic întreaga rație de noroc postulabil dintr-un singur foc în teoria privind apariția vieții pe o planetă. Prin urmare, avem la dispoziție, dacă vrem s-o folosim, o probabilitate de 1 la 100 de miliarde de miliarde ca limită inferioară (sau de 1 la câte planete credem că sunt propice vieții) pe care o putem cheltui în teoria privind apariția vieții. Acesta e norocul maxim pe care îl putem postula în teoria noastră. Să presupunem că vrem să sugerăm, de pildă, că viața a început atunci când atât ADN-ul, cât și mașinăria replicatoare pe bază de proteine au apărut spontan. Ne putem permite luxul unei asemenea teorii extravagante, cu condiția ca probabilitatea de apariție a unei asemenea coincidențe pe o planetă să nu fie mai mică de 1 la 100 de miliarde de miliarde.

Această valoare poate părea foarte mică. Pesemne că ea poate da socoteală pentru apariția spontană a ADN-ului sau ARN-ului. Dar nu ne permite în nici un caz să ne descurcăm fără selecția cumulativă. Șansele de a asambla un organism bine proiectat care să zboare precum rândunica, să înoate precum delfinul sau să vadă precum șoimul, totul dintr-o singură lovitură norocoasă – selecție dintr-un singur pas –, sunt mult mai mici decât inversul numărului de atomi din univers, ca să nu mai vorbim de inversul numărului de planete! E limpede că avem nevoie din plin de selecția cumulativă pentru a explica viața.

Dar, deși în teoria noastră privind originea vieții avem dreptul să folosim rația maximă de noroc, pesemne probabilitatea de 1 la 100 de miliarde de miliarde, eu cred că nu vom avea nevoie decât de o mică parte din această rație. Poate că apariția vieții pe o planetă e un eveniment extrem de improbabil după standardele vieții de zi cu zi sau după standardele laboratoarelor de chimie, dar e suficient de probabil să fi avut loc nu doar o dată, ci de mai multe ori în întreg universul. Putem privi raționamentul statistic legat de numărul de planete ca pe o soluție de ultimă instanță. La sfârșitul capitolului voi sublinia ideea paradoxală că teoria pe care o căutăm *trebuie* de fapt să pară improbabilă, chiar miraculoasă, judecății

noastre subiective (din pricina modului în care a fost făcută judecata noastră subiectivă). Cu toate acestea, e raţional să începem prin a căuta cea mai puţin improbabilă teorie privind apariţia vieţii. Dacă teoria conform căreia ADN-ul şi maşinăria lui de copiat au apărut spontan e atât de improbabilă încât ne obligă să presupunem că viaţa e foarte rară în univers, şi poate că se întâlneşte doar pe Pământ, atunci prima noastră reacţie este de a căuta o teorie mai probabilă. Aşadar, putem care lansa speculaţii privind căile relativ probabile prin care a început selecţia cumulativă?

Cuvântul „speculaţie" are conotaţii peiorative, dar n-are rost să vorbim aici despre asta. Nu putem spera la mai mult decât speculaţii atunci când evenimentele la care ne referim au avut loc acum patru miliarde de ani, într-o lume care trebuie să fi fost radical diferită de cea pe care o cunoaştem azi. De exemplu, în mod aproape sigur nu exista oxigen liber în atmosferă. Chiar dacă s-a schimbat chimia lumii, legile chimiei au rămas aceleaşi (de aceea se numesc legi), iar chimiştii din ziua de azi ştiu destule despre aceste legi pentru a face unele specuaţii întemeiate, speculaţii care trebuie să treacă teste riguroase de plauzibilitate impuse de aceste legi. Nu puteţi face speculaţii pur şi simplu la întâmplare, în mod irresponsabil, lăsând imaginaţia să zburde în neştire prin panacee cosmic-fantastice precum deplasarea cu viteză mai mare decât viteza luminii sau călătoria în timp. Dintre toate speculaţiile posibile despre apariţia vieţii, cele mai multe intră în contradicţie cu legile chimiei şi trebuie excluse, chiar dacă folosim raţionamentul statistic legat de numărul planetelor. Prin urmare, speculaţia selectivă atentă e un exerciţiu constructiv Dar trebuie să fii chimist ca s-o faci.

Sunt biolog, nu chimist, şi trebuie să mă bazez pe afirmaţiile chimiştilor. Diverşi chimişti au diverse teorii favorite, iar de teorii nu ducem lipsă. Aş putea încerca să vi le prezint pe toate imparţial. Ar fi cea mai potrivită atiudine dacă aş scrie un curs universitar. Dar cartea aceasta nu e un curs. Ideea fundamentală a *Ceasornicarului orb* este că nu aven nevoie să postulăm un creator pentru a înţelege viaţa sau oricealtceva din univers. Ce ne interesează aici este acel *tip* de soluţie care trebuie găsită, dat fiind tipul de

problemă cu care suntem confruntaţi. Cred că acest lucru ar fi cel mai bine lămurit nu trecând în revistă nenumărate teorii, ci luând în considerare *una* ca exemplu pentru a vedea cum *ar putea* fi rezolvată problema fundamentală – începutul selecţiei cumulative.

Ce teorie să aleg ca mostră reprezentativă? Majoritatea manualelor acordă rolul cel mai important familiei de teorii bazate pe o „supă primordială" organică. Probabil că atmosfera Pământului înainte de apariţia vieţii era asemănătoare cu a altor planete care sunt încă lipsite de viaţă. Nu exista oxigen, dar erau hidrogen şi apă în cantităţi mari, dioxid de carbon, probabil ceva amoniac, metan şi alte gaze organice simple. Chimiştii ştiu că mediile lipsite de oxigen cum e acesta tind să încurajeze sinteza spontană a compuşilor organici. Ei au reconstituit la scară mică, în baloane de sticlă, condiţiile de pe Pământ din trecutul îndepărtat. Au declanşat în baloane scântei electrice pentru a simula fulgerele şi lumina ultravioletă, care erau mult mai intense înainte ca Pământul să aibă un strat de ozon care să-l protejeze de razele soarelui. Rezultatele acestor experimente au fost spectaculoase. Molecule organice, dintre care unele aparţin tipurilor ce se găsesc în mod normal doar în lucrurile vii, s-au asamblat spontan. Nu au luat naştere nici ADN-ul, nici ARN-ul, dar au apărut unităţile lor constitutive, numite purine şi pirimidine. La fel s-a întâmplat cu „cărămizile" proteinelor, aminoacizii. Veriga lipsă a acestei clase de teorii rămâne în continuare apariţia replicării. „Cărămizile" nu s-au unit pentru a forma un lanţ autoreplicant precum ARN-ul. Poate că într-o bună zi se va întâmpla şi acest lucru.

Teoria supei organice primordiale nu e însă cea aleasă de mine pentru a ilustra tipul de soluţie pe care trebuie s-o căutăm. Am ales-o în prima mea carte, *Gena egoistă*, aşa încât m-am gândit să iau aici în considerare o teorie mai puţin frecventată (deşi de curând a început să câştige teren), care mi se pare că are şansa ei de a se dovedi corectă. Îndrăzneala ei e seducătoare şi ilustrează bine proprietăţile oricărei teorii satisfăcătoare privind apariţia vieţii. E vorba de teoria „minereului anorganic" a unui chimist din Glasgow, Graham Cairns-Smith, prezentată pentru prima dată în urmă cu

20 de ani şi dezvoltată ulterior în trei lucrări, ultima dintre ele, *Şapte indicii privind originea vieţii*, tratând originea vieţii ca pe un mister pentru care e nevoie de o soluţie gen Sherlock Holmes.

Cairns-Smith crede că maşinăria ADN/proteină a apărut probabil relativ recent, cu aproximativ 3 miliarde de ani în urmă. Înainte de ea au existat multe generaţii de selecţie cumulativă bazată pe entităţi replicante foarte diferite. Odată ADN-ul apărut, s-a dovedit atât de eficient ca replicator şi atât de puternic în efectele asupra propriei replicări, încât sistemul iniţial de replicare care l-a adus pe lume a fost abandonat şi uitat. Maşinăria modernă ADN este deci un nou-venit, un uzurpator modern care a preluat rolul de replicator fundamental de la un replicator mai primitiv. S-ar putea chiar să fi existat o întreagă serie de asemenea uzurpări, dar procesul iniţial de replicare trebuie să fi fost suficient de simplu ca să apară prin ceea ce am numit „selecţia dintr-un singur pas".

Chimia se împarte în două mari ramuri, organică şi anorganică. Chimia organică este chimia unui element anume, carbonul. Chimia anorganică se ocupă de tot restul. Carbonul este important şi merită să aibă propria lui ramură a chimiei, în parte deoarece chimia vieţii e chimia carbonului şi în parte fiindcă aceleaşi proprietăţi care fac din chimia carbonului instrumentul vieţii fac din ea şi instrumentul unor procese industriale cum sunt cele din industria maselor plastice. Proprietatea esenţială a atomilor de carbon care îi face prielnici vieţii şi sintezei industriale este aceea că ei se pot uni pentru a forma o gamă nelimitată de diverse tipuri de molecule foarte mari. Alt element care are unele dintre aceste proprietăţi e siliciul. Deşi chimia vieţii actuale de pe Pământ e chimia carbonului, acest lucru nu e neapărat valabil în întreg universul şi poate că nu a fost întotdeauna valabil nici pe Pământ. Cairns-Smith crede că viaţa pe planeta noastră s-a bazat la început pe cristale anorganice autoreplicante cum sunt silicaţii. Dacă ipoteza lui e corectă, înseamnă că replicatorii organici, iar în cele din urmă ADN-ul, trebuie să fi preluat sau uzurpat acest rol mai târziu.

El aduce unele argumente de ordin general în sprijinul acestei idei de „preluare". Un arc din piatră, de exemplu, e o structură

stabilă care poate dăinui mulți ani, chiar dacă nu se folosește mortar. Construirea unei structuri complexe prin evoluție este același lucru cu încercarea de a construi un arc fără mortar, atingând doar o singură piatră o dată. La prima vedere sarcina nu poate fi îndeplinită. Arcul va rezista doar atunci când va fi așezată și ultima piatră, iar etapele intermediare sunt instabile. Și totuși e destul de ușor de construit un arc dacă vi se permite să și scoateți pietre, nu numai să adăugați. Începeți prin a înălța o grămadă stabilă de pietre, apoi construiți arcul care se sprijină pe această fundație solidă. Când arcul e la locul lui, inclusiv esențiala cheie de boltă din vârf, îndepărtați cu grijă pietrele de susținere și, cu puțin noroc, arcul va rămâne în picioare. Stonehenge este de neînțeles până când ne dăm seama că cei care l-au construit au folosit un fel de eșafodaj sau rampe de pământ *care acum nu mai există*. Noi putem vedea doar produsul final și trebuie să deducem eșafodajul dispărut. La fel, ADN-ul și proteinele sunt doi stâlpi ai elegantului și stabilului arc, care dăinuie odată cu toate părțile lui constitutive există simultan. E greu de imaginat apariția arcului printr-un proces pas cu pas, în afara cazului în care vreun eșafodaj mai vechi a dispărut complet. Acest eșafodaj trebuie să fi fost construit printr-o formă mai veche de selecție cumulativă a cărei natură o putem doar ghici. Dar ea trebuie să se fi bazat pe entități replicante ce-și puteau influența viitorul.

Cairn-Smith presupune că replicatorii inițiali erau cristale de materii anorganice, cum sunt cele care se găsesc în argilă și în noroi. Un cristal este un mare grup ordonat de atomi sau molecule în stare solidă. Datorită unor proprietăți pe care ni le putem reprezenta ca pe „forma" lor, atomii și moleculele mici tind în mod natural să se așeze împreună într-o manieră fixă și ordonată. E aproape ca și cum ele ar „vrea" să se adune într-un anumit fel, dar această iluzie e doar o consecință accidentală a proprietăților lor. Modul lor „preferat" de a se strânge laolaltă dă forma întregului cristal. De asemenea, chiar și într-un cristal mare cum e diamantul, fiecare parte a cristalului este *exact* la fel ca orice altă parte, cu excepția locurilor unde apar defecte. Dacă ne-am putea micșora până la

dimensiuni atomice, am vedea şiruri aproape nesfârşite de atomi întinzându-se până la orizont în linii drepte – galerii de repetiţii geometrice.

Pentru că ne interesează replicarea, primul lucru pe care trebuie să-l ştim este dacă cristalele îşi pot replica propria structură. Cristalele sunt formate din nenumărate straturi de atomi (sau echivalentul lor), iar fiecare strat se construieşte pe stratul de sub el. Atomii (sau ionii, deosebirea nu trebuie să ne preocupe) plutesc liberi în soluţie, dar dacă întâlnesc un cristal au tendinţa naturală de a-şi ocupa locul pe suprafaţa cristalului. O soluţie de sare de bucătărie conţine ioni de sodiu şi de clor care se mişcă într-un mod mai mult sau mai puţin haotic. Un cristal de sare de bucătărie e un conglomerat ordonat alcătuit din şiruri de ioni de sodiu alternând cu ioni de clor, şirurile fiind perpendiculare între ele. Când ionii care plutesc în apă se lovesc de suprafaţa dură a cristalului au tendinţa de a se lipi. Şi se lipesc exact în locurile potrivite pentru a adăuga cristalului un nou strat, identic cu cel de dedesubt. Aşadar, odată ce cristalul ia naştere, el începe să crească, fiecare strat fiind la fel cu cel precedent.

Uneori cristalele încep să se formeze spontan în soluţie. Alteori ele trebuie „însămânţate", fie de particule de praf, fie de mici cristale picate acolo din altă parte. Cairn-Smith ne invită să facem următorul experiment. Dizolvaţi o cantitate mare de fixator fotografic „hipo" în apă foarte fierbinte. Lăsaţi apoi soluţia să se răcească, având grijă să nu pice nici un fir de praf înăuntru. Soluţia va fi „suprasaturată", gata să fabrice cristale, dar fără cristale de sămânţă pentru a începe procesul. Citez din cartea lui Cairn-Smith, *Şapte indicii privind originea vieţii*:

> Scoateţi cu grijă folia de pe recipient, aruncaţi un cristal „hipo" micuţ pe suprafaţa soluţiei şi priviţi ce se întâmplă. Cristalul nostru începe să crească vizibil: se sparge din când în când, iar fragmentele cresc la rândul lor [...]. Recipientul se umple imediat de cristale, unele lungi de câţiva centimetri. Apoi, după câteva minute, totul se opreşte. Soluţia magică şi-a pierdut puterile – dar dacă doriţi un nou spectacol nu trebuie decât să încălziţi şi să răciţi din nou recipientul [...] a fi suprasaturat înseamnă

a conține mai multă substanță dizolvată decât e cazul [...] soluția suprasaturată rece pare să nu mai știe ce să facă. Trebuie să i se „spună" prin adăugarea unei bucăți de cristal care are deja unitățile lui (miliarde și miliarde) împachetate laolaltă în modul caracteristic cristalelor „hipo". Soluția trebuie însămânțată.

Unele substanțe chimice pot cristaliza în două moduri diferite. Grafitul și diamantul, de exemplu, sunt ambele cristale de carbon pur. Atomii lor sunt identici. Cele două substanțe diferă una de alta doar prin modelul geometric în care sunt aranjați atomii de carbon. În diamante atomii de carbon sunt aranjați în model tetraedric, care e extrem de stabil. Iată de ce sunt diamantele atât de dure. În grafit atomii de carbon sunt aranjați în hexagoane plate așezate unele peste altele. Legătura dintre straturi e slabă, de aceea pot aluneca unele peste altele, motiv pentru care grafitul e alunecos și se folosește ca lubrifiant. Din păcate nu putem cristaliza diamante dintr-o soluție prin însămânțare, așa cum putem face cu „hipo". Dacă am putea, am fi bogați; de fapt nu, dacă ne gândim mai bine, fiindcă orice prost ar putea face același lucru.

Să presupunem că avem o soluție suprasaturată a unei substanțe cum e „hipo", în sensul că e gata să cristalizeze, și cum e carbonul, în sensul că poate cristaliza în două feluri diferite. Unul ar fi ceva de tipul grafitului, cu atomii aranjați în straturi, generând mici cristale plate; celălalt ar genera cristale groase, în formă de diamant. Ne-am putea închipui ce s-ar întâmpla pornind de la experimentul lui Cairns-Smith cu „hipo". Cele două cristale vor crește vizibil: se vor rupe din când în când, iar fragmentele rezultate vor crește și ele. Cristalele plate vor da naștere unei populații de cristale plate. Cristalele groase vor da naștere unei populații de cristale groase. Dacă există tendința ca un tip de cristal să crească și să se dividă mai rapid decât celălalt, vom avea o formă rudimentară de selecție naturală. Însă procesului îi lipsește un ingredient esențial pentru a apărea transformarea evolutivă. Ingredientul e variația ereditară sau ceva echivalent cu ea. În loc de două tipuri de cristale ar trebui să avem o întreagă gamă de variante minore care vor forma filiații distincte ca formă și care vor suferi uneori „mutații" pentru a

produce noi forme. Au oare cristalele reale ceva corespunzător mutaţiei ereditare?

Argilele, noroaiele şi rocile sunt alcătuite din cristale minuscule. Se găsesc din belşug pe Pământ şi probabil că au fost aici dintotdeauna. Dacă priviţi suprafaţa anumitor tipuri de argile şi alte minerale la microscopul electronic vi se dezvăluie un peisaj surprinzător şi minunat. Cristalele cresc în rânduri ca nişte flori sau cactuşi, grădini de petale anorganice de trandafiri, minuscule spirale asemănătoare secţiunior transversale prin plantele suculente, tuburi drepte de orgă, forme complicate împăturite ca un origami, excrescenţe asemănitoare cu pasta de dinţi stoarsă din tub. Modelele ordonate devin şi mai impresionante dacă mărim şi mai mult. La nivelul care dezvăluie poziţia atomilor, suprafaţa cristalului pare a avea regularitatea unei stofe ţesute la maşină. Însă – iar acesta e lucrul esenţial – există defecte. Chiar în mijlocul unei ţesături ordonate poate apărea un petic, identic cu restul, cu excepţia faptului că e răsucit laun unghi diferit, aşa încât „ţesătura" o ia în altă direcţie. Sau ţesătura rămâne în aceeaşi direcţie, dar fiecare rând a „alunecat" într-o parte cu o jumătate din distanţa între rânduri. Aproape toate crstalele naturale au defecte. Iar odată apărut defectul, el are tendinţade a se copia pe măsură ce următoarele straturi ale cristalului se formează deasupra lui.

Defectele pot apărea oriunde pe suprafaţa unui cristal. Dacă vreţi să vă gândiţi la capacitatea de stocare a informaţiei (eu o fac), vă puteţi închipui numărul enorm al modelelor diferite de defecte care se pot crea pe suprafaţa unui cristal. Toate acele calcule privind stocarea Noului Testament înADN-ul unei singure bacterii pot da rezultate la fel de impresionante pentru aproape orice cristal. Ce are ADN-ul în plus faţă de cristalele normale sunt mijloacele de citire a acestor informaţii. Lăsând la o parte problema citirii, puteţi concepe un cod arbitrar prin care defectele din structura atomică a cristalului să reprezinte numere binare. Veţi putea stoca prin urmare mai multe exemplare din Noul Testament într-un cristal mineral de dimensiunile unui vârf de ac. La scară mai mare, acesta e în esenţă modul în care e stocată informaţia muzicală pe suprafaţa

unui disc laser („compact"). Notele muzicale sunt convertite de calculator în numere binare. Cu ajutorul unui laser se gravează un model de mici defecte pe suprafaţa netedă ca oglinda a discului. Fiecare gaură mică gravată corespunde lui 1 binar (sau lui 0, e doar o convenţie). Când ascultaţi discul, altă rază laser „citeşte" modelul defectelor, iar un calculator specializat din interiorul aparatului reconverteşte numerele binare în vibraţii sonore, care sunt amplificate pentru a putea fi auzite.

Deşi discurile laser sunt folosite în ziua de azi mai mult pentru muzică, puteţi stoca pe unul din ele întreaga *Enciclopedie Britanică* şi o puteţi citi cu ajutorul aceleiaşi tehnici laser. Defectele din cristale la nivel atomic sunt mult mai mici decât găurile gravate pe suprafaţa discului laser, de aceea cristalele pot înmagazina mai multă informaţie pe o suprafaţă dată. Moleculele de ADN, a căror capacitate de a stoca informaţia ne-a impresionat deja, seamănă oarecum cu cristalele. Deşi teoretic cristalele de argilă ar putea stoca aceeaşi cantitate colosală de informaţie ca ADN-ul sau discurile laser, nimeni nu lasă să se înţeleagă că ar fi făcut-o vreodată. Rolul argilei şi al altor cristale minerale în această teorie este de a acţiona ca nişte replicatori iniţiali primitivi, înlocuiţi în cele din urmă de ADN-ul mult mai avansat. Ele apar spontan în apele planetei noastre, fără complicata „maşinărie" de care are nevoie ADN-ul, şi creează spontan defecte, unele din ele putând fi replicate în straturile ulterioare ale cristalului. Dacă fragmente de cristal având acele defecte se desprind ulterior, putem considera că ele acţionează ca „seminţe" pentru noi cristale, fiecare „moştenind" tiparul „parental" de defecte.

Cristalele minerale ale Pământului primordial prezentau deci anumite proprietăţi de replicare, multiplicare, ereditate şi mutaţie, procese necesare pentru apariţia unei forme de selecţie cumulativă. Lipseşte însă ingredientul „puterii": natura replicatorilor trebuie să influenţeze cumva probabilitatea de a fi replicaţi. Când vorbeam în mod abstract despre replicatori am văzut că „puterea" ar putea fi reprezentată pur şi simplu de proprietăţile directe ale replicatorului însuşi, proprietăţi intrinsece cum e „adezivitatea". La acest

nivel elementar, cuvântul „putere" nu pare tocmai justificat. Eu îl folosesc doar având în vedere ce ar putea deveni în etapele ulterioare ale evoluţiei: puterea pe care o are un dinte veninos de şarpe, de exemplu, de a propaga (prin consecinţele sale indirecte în privinţa supravieţuirii şarpelui) ADN-ul care codifică dinţii veninoşi. Indiferent dacă replicatorii primitivi iniţiali erau cristale minerale sau strămoşi organici direcţi ai ADN-ului însuşi, putem bănui că „puterea" exercitată de ei era directă şi elementară, aşa cum e adezivitatea. Nivelurile avansate ale puterii, cum sunt dinţii veninoşi ai şarpelui sau floarea orhideei, au apărut mult mai târziu.

Ce ar putea însemna „puterea" în cazul argilei? Ce proprietăţi accidentale ale argilei ar putea influenţa probabilitatea ca aceeaşi varietate de argilă să se propage pe o zonă mai mare? Argilele sunt alcătuite din „cărămizi" chimice precum acidul silicic şi ionii metalici care se găsesc în soluţie în râuri şi torente după ce au fost dizolvate – „erodate" – din rocile din amonte. În condiţii prielnice, ele cristalizează din nou în aval, formând argilele. (De fapt „torentul" în acest caz e mai degrabă o scurgere de apă subterană decât un râu deschis.) Dacă un anume tip de cristal de argilă se poate sau nu constitui depinde, între altele, de ritmul şi tipul de curgere a torentului. Dar depozitele de argilă pot la rândul lor *influenţa* curgerea torentului. Ele fac acest lucru în mod imprevizibil, prin schimbarea nivelului, formei şi texturii albiei în care curge apa. Gândiţi-vă la o varietate de argilă care se întâmplă să aibă proprietatea de a remodela structura solului, aşa încât apa curge mai repede. Consecinţa este că argila în cauză va fi îndepărtată de apă. Acest tip de argilă, prin definiţie, nu este „de mare succes". Altă argilă nenorocoasă ar fi aceea care ar transforma curentul astfel încât o variantă rivală să fie favorizată.

Desigur, noi nu sugerăm că argila „vrea" să continue să existe. Vorbim întotdeauna despre consecinţe accidentale, evenimente care decurg din proprietăţi pe care se întâmplă să le aibă replicatorul. Să luăm în considerare altă varietate de argilă. Aceasta se întâmplă că încetineşte curentul, astfel încât e încurajată depunerea ulterioară a aceluiaşi tip de argilă. În mod evident ea va tinde să

predomine, pentru că întâmplător manipulează curentul în propriul ei „avantaj". Aceasta va fi o varietate „de succes". Dar deocamdată avem de-a face doar cu selecția dintr-un singur pas. Ar putea apărea o formă de selecție cumulativă?

Pentru a împinge speculațiile mai departe, să presupunem că o varietate de argilă își îmbunătățește șansele de a fi depozitată prin stăvilirea torentului. Aceasta e o consecință imprevizibilă a unui anume defect în structura argilei. În orice torent în care există acest tip de argilă băltesc ochiuri mari de apă deasupra digurilor, iar cursul principal al apei e deviat pe un nou traseu. De-a lungul oricărui curs de apă care se întâmplă să fie „infectat" prin însămânțarea cu cristale ale acestui tip de argilă proliferează un șir de asemenea bălți. Apoi, deoarece cursul principal al apei e deviat, în sezonul secetos ochiurile de apă tind să seace. Argila se usucă și crapă la soare, iar straturile ei superficiale se fărâmițează și sunt luate de vânt sub formă de praf. Fiecare particulă de praf moștenește defectul de structură caracteristic al argilei-părinte care a construit digul, structura care îi conferă proprietatea de a forma diguri. Prin analogie cu informația genetică răspândită de salcia mea, am putea spune că praful de argilă poartă „instrucțiuni" pentru construirea de diguri și, în cele din urmă, pentru generarea unei cantități și mai mari de praf. Praful se împrăștie pe distanțe foarte mari cu ajutorul vântului, fiind mari șansele ca unele particule să aterizeze în alt curs de apă, „neinfectat" până în acel moment cu semințele acestui tip de argilă îndiguitoare. Odată infectat cu soiul potrivit de praf, în noul curs de apă încep să crească cristale de argilă îndiguitoare, iar întreg ciclul de depozitare, îndiguire, uscare și erodare se reia.

A numi toate acestea un ciclu al „vieții" ar fi exagerat, dar e totuși un fel de ciclu și are în comun cu adevăratul ciclu al vieții capacitatea de a iniția selecția cumulativă. Datorită faptului că torentele sunt infectate cu „semințe" de praf răspândite de alte torente, putem vorbi despre torente „străMoș" și torente „urmaș". Argila care îndiguiește ochiuri de apă în torentul B a ajuns aici prin cristalele aduse de vânt din torentul A. În cele din urmă, ochiurile de apă din torentul B vor seca și vor forma praf, care

va infecta torentele F şi P. Ţinând cont de sursa argilei îndiguitoare, putem aranja torentele în „arbori genealogici". Fiecare torent infectat va avea un „părinte" şi una saumai multe „fiice". Fiecare torent e analogul unui corp, a cărui „dezvoltare" e influenţată de „genele" seminţelor, un corp care în cele din urmă procreează noi seminţe de praf. Fiecare „generaţie" din ciclu începe când seminţele de cristal se despart de torentul-părinte sub formă de praf. Structura cristalină a fiecărei particule de praf e copiată din argila torentului-părinte. Ea e transmisă torentului-fiică, creşte şi se multiplică, iar în cele din urmă torentul-fiică răspândeşte la rândul lui „seminţe".

Structura cristalină ancestrală e conservată de-a lungul generaţiilor dacă nu apare întâmplător vreo eroare în creşterea cristalului, o alterare întâmplătoare a modelului de aranjare a atomilor. Straturile ulterioare ale aceluiaşi cristal vor copia acelaşi defect, iar dacă acel cristal se va rupe în două va da naştere unei subpopulaţii de cristale modificate. Dacă modificarea face cristalul mai mult sau mai puţin eficient în ciclul de îndiguire/uscare/eroziune, aceasta va influenţa numărul de cópii din „generaţiile" ulterioare. Cristalele modificate ar putea avea, de pildă, o probabilitate mai mare la scindare („reproducere"). Argila formată din cristale modificate ar putea avea, pe diferite căi, o capacitate de îndiguire mai mare. S-ar putea crăpa mai uşor la o cantitate dată de lumină solară. S-ar putea sfărâma în praf mai uşor. Particulele de praf ar putea fi mai lesne antrenate de vânt, cum e puful seminţelor de salcie. Unele tipuri de cristale ar putea induce o scurtare a „ciclului vieţii", accelerându-şi astfel „evoluţia". Există multe ocazii ca „generaţiile" succesive să se „perfecţioneze" treptat. Cu alte cuvinte, există multe ocazii pentru declanşarea selecţiei cumulative rudimentare.

Aceste speculaţii pornind de la ideile lui Cairn-Smith se referă doar la unul dintre numeroasele „cicluri de viaţă" minerale care ar fi putut declanşa selecţia cumulativă. Există şi altele. Diferite tipuri de cristale îşi pot găsi drumul spre noi torente nu prin fărâmiţarea în „seminţe" de praf, ci prin despărţirea torentelor într-o mulţime de mici torente care se răspândesc în jur, unindu-se în cele din urmă cu noi sisteme de râuri şi infectându-le. Unele varietăţi

de cristal ar putea construi cascade care să transporte mai repede pietrele în aval şi să dizolve astfel mai repede materiile prime necesare pentru apariţia argilei în aval. Alte varietăţi de cristal s-ar putea „perfecţiona" în înăsprirea condiţiilor pentru varietăţile „rivale" cu care se află în competiţie pentru materia primă. Trebuie să vă amintiţi că nu avem de-a face cu o construcţie „deliberată", nici aici, nici în viaţa modernă bazată pe ADN. Pur şi simplu lumea are tendinţa de a se umple automat de acele varietăţi de argilă (sau de ADN) care se întâmplă să aibă proprietăţile ce le fac să dăinuie şi să se răspândească.

Să trecem acum la următoarea etapă a raţionamentului. Unele tipuri de cristale ar putea cataliza sinteza unor noi substanţe care să le ajute în perpetuarea de la o „generaţie" la alta. Aceste substanţe secundare nu vor avea (cel puţin la început) propriul lor arbore genealogic cu strămoşi şi urmaşi, ci vor fi produse din nou de fiecare generaţie de replicatori primitivi. Ele pot fi privite ca unelte ale liniilor evolutive de cristale replicante, începuturile „fenotipurilor" primitive. Cairn-Smith crede că moleculele *organice* predominau între „uneltele" nereplicante ale replicatorilor cristalini anorganici. Moleculele organice sunt frecvent folosite în industria chimică anorganică datorită efectelor lor asupra curgerii fluidelor şi asupra scindării sau creşterii particulelor anorganice: pe scurt, exact genul de efecte care ar fi putut influenţa „succesul" filiaţiei replicatorilor cristalini. De pildă, un minereu de argilă care poartă simpaticul nume de montmorillonit tinde să se fragmenteze în prezenţa unor mici cantităţi dintr-o moleculă organică numită mai puţin atrăgător carboximetilceluloză. Pe de altă parte, cantităţi mai mici de carboximetilceluloză au exact efectul contrar, ajutând la alipirea particulelor de montmorillonit. Taninii, alt tip de molecule organice, sunt folosiţi în industria petrolieră pentru a face mâlul mai uşor de forat. Dacă petroliştii pot folosi molecule organice pentru a influenţa fluiditatea şi permeabilitatea mâlului, nu există vreun motiv pentru care selecţia cumulativă să nu conducă la acelaşi tip de exploatare în folosul mineralelor autoreplicante.

Aici teoria lui Cairn-Smith aduce un argument suplimentar. Şi alţi chimişti, partizani ai teoriilor mai convenţionale privind „supa primordială" organică, au recunoscut că mineralele de argilă ar putea fi de ajutor. Iată ce spune unul dintre ei (D.M. Anderson): „Este larg acceptat faptul că unele, poate chiar multe, dintre reacţiile şi procesele chimice abiotice care au condus la apariţia pe Pământ a microorganismelor replicante au avut loc în trecutul îndepărtat al planetei în stricta proximitate a suprafeţelor mineralelor de argilă şi a altor substraturi anorganice." Autorul enumeră cinci „funcţii" ale mineralelor de argilă care au contribuit la apariţia vieţii organice, de pildă „concentrarea reactanţilor chimici prin adsorbţie". Nu avem nevoie să le pomenim pe toate cinci aici, şi nici măcar să le înţelegem. Ce ne interesează e doar faptul că fiecare dintre cele cinci „funcţii" ale mineralelor de argilă poate fi interpretată şi altfel, demonstrând că poate exista o legătură strânsă între sinteza chimică organică şi suprafeţele argiloase. Prin urmare, acest lucru vine în sprijinul teoriei conform căreia replicatorii din argilă au sintetizat molecule organice şi le-au folosit în propriile lor scopuri.

Cairn-Smith prezintă, mai detaliat decât îmi pot eu permite aici, felul în care cristalele de argilă, replicatorii săi primitivi, puteau să fi folosit proteinele, glucidele şi, cel mai important, acizii nucleici precum ARN-ul. El sugerează că ARN-ul a fost folosit iniţial pentru scopuri pur structurale, aşa cum petroliştii folosesc taninii sau aşa cum folosim noi săpunul şi detergenţii. Moleculele asemănătoare cu ARN-ul, datorită „coloanei lor vertebrale" încărcate negativ, vor avea tendinţa să acopere suprafaţa particulelor de argilă. Ajungem astfel la subtilităţi ale chimiei care depăşesc cadrul cărţii de faţă. Ce ne interesează aici este faptul că ARN-ul, sau ceva asemănător lui, a existat pe Pământ cu mult timp înainte de a deveni autoreplicant. Când a devenit în cele din urmă autoreplicant, acesta a fost un truc elaborat de „genele" cristalelor minerale pentru a îmbunătăţi eficienţa producerii ARN-ului (sau a unei molecule asemănătoare). Dar, odată apărută o nouă moleculă autoreplicantă, un nou tip de selecţie cumulativă putea începe. Iniţial doar figuranţi, noii replicatori s-au dovedit a fi mult mai eficienţi decât

mineralele de la care au preluat ştafeta. Ei au evoluat mai departe şi în cele din urmă au perfecţionat codul ADN pe care îl cunoaştem astăzi. Replicatorii minerali iniţiali au fost lăsaţi deoparte, ca nişte schele uzate, iar întreaga viaţă modernă a evoluat dintr-un strămoş comun relativ recent, cu un sistem genetic unic, uniform, şi cu o biochimie în mare măsură uniformă.

În *Gena egoistă* am lansat ipoteza că ne-am putea afla în pragul unui nou tip de preluare a ştafetei genetice. Replicatorii ADN au construit „maşini pentru supravieţuire" pentru ei înşişi – corpurile organismelor vii, între care ne numărăm şi noi. Ca parte a echipamentului lor, corpurile au dezvoltat calculatoare de bord – creierele. Creierele au creat capacitatea de a comunica cu alte creiere prin intermediul limbajului şi al tradiţiilor culturale. Dar noul mediu al tradiţiilor culturale deschide noi posibilităţi pentru entităţile autoreplicante. Noii replicatori nu sunt nici ADN-ul, nici cristalele de argilă. Ei sunt tiparele de informaţii care se pot dezvolta doar în creiere sau în produsele fabricate artificial de creiere – cărţi, calculatoare şi aşa mai departe. Dar, odată ce există acele creiere, cărţi şi calculatoare, aceşti noi replicatori, pe care eu îi numesc „meme" pentru a-i deosebi de gene, se pot propaga de la creier la creier, de la creier la carte, de la carte la creier, de la creier la calculator, de la calculator la calculator. Pe măsură ce se propagă, ei se pot modifica – pot suferi mutaţii. Şi poate că memele „mutante" au capacitatea de a exercita acel gen de influenţă pe care eu o numesc aici „putere replicatoare". Să ne amintim că aceasta reprezintă orice tip de influenţă care afectează probabilitatea ca ea însăşi să fie propagată. Evoluţia sub influenţa acestor noi replicatori – evoluţia memică – e încă la începuturile ei. Se manifestă în fenomenul pe care îl numim evoluţie culturală. Evoluţia culturală e incomparabil mai rapidă decât evoluţia bazată pe ADN, ceea ce vine în sprijinul ideii de „preluare a ştafetei". Şi dacă preluarea ştafetei de către un nou tip de replicator a început, se prea poate să meargă atât de departe încât să-şi lase mult în urmă părintele ADN (şi pe bunica argilă, în cazul în care Cairn-Smith are dreptate). Dacă aşa vor sta lucrurile, putem fi siguri că în frunte se vor afla calculatoarele.

E oare posibil ca într-o zi foarte îndepărtată calculatoarele să emită ipoteze privind originile lor pierdute? Va înțelege vreunul dintre ele adevărul eretic că au apărut dintr-o formă de viață mai veche, îndepărtată, cu rădăcini în chimia organică, a carbonului, și nu în principiile electronice bazate pe siliciu ale propriilor lor corpuri? Oare un robot Cairn-Smith va scrie o carte intitulată *Preluarea electronică a ștafetei*? Va redescoperi el vreun echivalent electronic al metaforei arcului și va înțelege cum au apărut calculatoarele din procesul străvechi de selecție cumulativă, iar nu în mod spontan? Va intra el oare în detalii și va reconstrui ADN-ul ca replicator timpuriu plauzibil, victimă a uzurpării electronice? Și va fi el destul de pătrunzător pentru a ghici că până și ADN-ul e posibil să fi fost la rândul lui uzurpatorul unor replicatori încă mai îndepărtați și mai primitivi, cristalele anorganice de silicați? Dacă va avea o fire poetică, va privi oare ca pe un act de justiție întoarcerea, în cele din urmă, la viața bazată pe siliciu, ADN-ul nefiind decât un interludiu, dar un interludiu care a dăinuit mai bine de trei eoni?

Aceasta e literatură științifico-fantastică și este, probabil, o exagerare. Nu contează. Mult mai important acum este că teoria lui Cairn-Smith și toate celelalte teorii asupra originii vieții v-ar putea părea exagerate și greu de crezut. Considerați teoria argilei a lui Cairn-Smith și teoria mai ortodoxă a supei primordiale organice din cale-afară de improbabile? Vi se pare că e nevoie de un miracol pentru a face ca atomii care se agită haotic să se reunească într-o moleculă autoreplicantă? Ei bine, uneori și mie mi se pare la fel. Dar haideți să cercetăm mai atent acest aspect al miracolelor și improbabilității. Am să vă demonstrez un lucru care tocmai fiindcă e paradoxal devine încă mai interesant: în calitate de oameni de știință, ar trebui să fim chiar puțin îngrijorați dacă originea vieții *nu* ar părea miraculoasă conștiințelor noastre umane. O teorie aparent miraculoasă (pentru conștiința umană obișnuită) este *exact* genul de teorie pe care ar trebui s-o căutăm pentru problema aceasta particulară a originii vieții. Acest raționament, care se reduce la analiza a ceea ce înțelegem prin miracol, va constitui restul

capitolului de față. Într-un fel, e o prelungire a raționamentului anterior despre miliardele de planete.

Ce înțelegem, așadar, prin miracol? Un miracol e ceva care se întâmplă, dar e extrem de surprinzător. Dacă o statuie de marmură a Fecioarei Maria ne-ar face deodată cu mâna ar trebui să tratăm acest lucru ca pe un miracol, fiindcă experiența și cunoștințele noastre ne spun că marmura nu se comportă în felul ăsta. Spun „Să mă trăsnească chiar acum", iar dacă m-ar lovi pe loc trăsnetul ar fi un miracol. Dar de fapt nici unul dintre aceste două evenimente nu ar fi considerat de știință absolut imposibil, ci doar extrem de improbabil – statuia care face semn cu mâna mai improbabilă decât trăsnetul. Trăsnetul chiar îi mai lovește pe oameni. Oricare dintre noi poate fi lovit de trăsnet, dar probabilitatea e destul de scăzută (deși în *Cartea recordurilor* se găsește fotografia unui bărbat din Virginia, poreclit paratrăsnetul uman, care se afla în convalescență în spital după ce fusese trăsnit pentru a șaptea oară, purtând pe chip o expresie de uluială temătoare). Singurul lucru miraculos din ipotetica mea poveste e coincidența dintre lovitura trăsnetului și invocarea verbală a dezastrului.

Coincidență înseamnă improbabilitate multiplicată. Probabilitatea ca eu să fiu lovit de trăsnet în orice moment al vieții mele este poate de 1 la 10 milioane, la o estimare moderată. Și probabilitatea ca eu să invit trăsnetul să mă lovească e destul de scăzută. Am spus-o doar o dată în cele 23 400 000 de minute ale vieții mele de până acum, și mă îndoiesc că o voi mai spune vreodată, deci șansele sunt de 1 la 25 de milioane. Pentru a calcula probabilitatea combinată ca cele două evenimente să coincidă în cursul aceluiași minut cele două probabilități separate trebuie înmulțite. Din calculele mele aproximative rezultă o probabilitate de 1 la 250 de bilioane. Dacă o asemenea coincidență ar apărea în viața mea, aș considera-o un miracol și mi-aș ține gura pe viitor. Dar, chiar dacă șansele acestei coincidențe sunt extrem de mici, le putem totuși calcula. Ele nu sunt nule.

În cazul statuii de marmură, moleculele din marmura solidă se mișcă la întâmplare în toate direcțiile. Mișcările diferitelor molecule

se anulează reciproc, aşa încât întreaga mână a statuii rămâne nemişcată. Dar dacă, prin pură coincidenţă, s-ar întâmpla ca toate moleculele să se mişte în aceeaşi direcţie în acelaşi timp, mâna s-ar deplasa. Iar dacă apoi toate s-ar mişca în direcţia opusă în acelaşi moment, mâna s-ar întoarce la loc. În felul acesta e *posibil* ca o statuie de marmură să ne facă cu mâna. Se poate întâmpla. Şansele sunt inimaginabil de mici, dar pot fi calculate. Un coleg fizician a avut amabilitatea să efectueze calculul pentru mine. Inversul numărului e atât de mare, încât întreaga vârstă a universului ar fi mult prea scurtă pentru a scrie toate zerourile! E posibil teoretic ca o vacă să sară până la Lună cu o improbabilitate cam la fel de mare. Concluzia acestei părţi a raţionamentului este că putem *calcula* improbabilităţi miraculoase mult mai mari decât ne putem *închipui* că e plauzibil.

Dar să vedem ce înseamnă pentru noi plauzibil. Ce ne putem imagina că e plauzibil este o bandă îngustă în mijlocul unui spectru foarte larg a ceea ce e de fapt posibil. Avem la dispoziţie o bună analogie cu lumina. Ochii noştri sunt construiţi pentru a vedea o bandă îngustă din frecvenţele undelor electromagnetice (pe care noi le numim lumină), situată undeva pe la mijlocul spectrului care se întinde de la undele radio lungi până la razele X scurte. Noi nu putem vedea undele din afara benzii înguste a luminii, dar putem face calcule legate de ele şi putem construi instrumente care să le detecteze. În acelaşi fel, ştim că scările dimensionale şi temporale se extind în ambele sensuri mult dincolo de domeniile noastre de percepţie. Mintea nu poate concepe distanţele mari cu care are de-a face astronomia sau distanţele mici ale fizicii atomice, dar ne putem reprezenta aceste distanţe prin simboluri matematice. Mintea noastră nu îşi poate imagina un interval de timp atât de scurt cum e picosecunda, dar putem face calcule în care intervin picosecundele şi putem construi calculatoare care să efectueze calcule în intervale de picosecunde. Mintea noastră nu îşi poate imagina un interval de timp de un milion de ani, ca să nu mai vorbim de miile de milioane de ani cu care operează de regulă geologii.

La fel cum ochii noştri nu pot vedea decât banda îngustă a frecvenţelor electromagnetice cu care selecţia naturală i-a echipat pe strămoşii noştri pentru a vedea, creierele noastre sunt construite pentru a face faţă unor benzi dimensionale şi temporale înguste. Probabil că strămoşii noştri nu au fost nevoiţi să facă faţă unor dimensiuni şi durate situate în afara domeniului îngust din viaţa de zi cu zi, iar de aceea creierele noastre nu au dezvoltat capacitatea de a şi le imagina. E probabil semnificativ faptul că propriul nostru corp, care se măsoară în zeci de centimetri, se află aproximativ în mijlocul domeniului dimensiunilor pe care ni le putem imagina. Iar propria noastră durată de viaţă, care se măsoară în decenii, se află aproximativ în mijlocul domeniului duratelor pe care ni le putem imagina.

Putem spune acelaşi lucru despre improbabilităţi şi miracole. Imaginaţi-vă o scară a improbabilităţilor*, analogă celei dimensionale de la atomi la galaxii sau celei temporale de la picosecunde la eoni. Pe această scară vom marca diferite puncte de reper. La extremitatea stângă a scării se află evenimente de care suntem foarte siguri, cum ar fi faptul că soarele va răsări mâine – obiectul pariului pe jumătate de penny al lui G.H. Hardy. În apropierea extremităţii stângi a scării se află lucruri doar puţin mai improbabile, cum ar fi un şase-şase dintr-o singură aruncare de zaruri. Şansele ca acest lucru să nu se petreacă sunt de 36 la 1. Presupun că tuturor ni s-a întâmplat destul de des să dăm un şase-şase. Mergând mai departe spre extremitatea dreaptă a spectrului, un alt reper este improbabilitatea de a avea o suită perfectă cu toate cărţile de aceeaşi culoare la un joc de bridge. Şansele ca acest lucru să nu se întâmple sunt de 2 253 197 406 895 366 368 301 559 999 la 1.

---

* În întreaga carte, Dawkins se referă uneori la probabilitate, alteori la inversul probabilităţii (*odds against* – şansele ca un eveniment să *nu* se producă), iar pentru a risipi eventualele confuzii traducerea s-a referit constant la probabilităţi. În acest caz însă, fiind vorba de o scară pe care sunt trecute, crescător, evenimente tot mai *puţin* probabile, suntem obligaţi să-l urmăm îndeaproape pe Dawkins şi să ne exprimăm în termeni de improbabilitate (inversul probabilităţii). (*N. red.*)

Să numim acest număr un donion*. Dacă ceva cu improbabilitatea de un donion a fost prevăzut şi s-a întâmplat, va trebui să spunem că a fost un miracol, cu excepţia cazului, mai probabil, că bănuim o fraudă. Dar *s-ar putea* întâmpla într-un joc cinstit, şi ar fi mult mai probabil decât o statuie care ne face cu mâna. Totuşi, chiar şi acest din urmă eveniment, după cum am văzut, îşi găseşte locul în spectrul evenimentelor care se pot întâmpla. Este măsurabil, deşi în unităţi mult mai mari decât gigadonionul. Între un şase-şase la zaruri şi o suită perfectă la bridge se întinde domeniul evenimentelor mai mult sau mai puţin improbabile care chiar se întâmplă uneori, între care faptul de a fi lovit de trăsnet, de a câştiga un mare premiu la pronosport, de a nimeri gaura din prima lovitură la golf şi aşa mai departe. Undeva în acest domeniu se află şi acele coincidenţe care ne dau fiori, de pildă când visăm noaptea o persoană pentru prima dată după zeci de ani şi aflăm a doua zi că a murit. Aceste coincidenţe sinistre ne impresionează puternic când ni se întâmplă nouă sau prietenilor noştri, dar probabilitatea lor se măsoară doar în picodonioane.

Odată construită scara matematică a improbabilităţilor, cu reperele marcate pe ea, să ne concentrăm asupra acelui subdomeniu al scării la care sunt adaptate limbajul şi gândirea noastră de zi cu zi. Acest subdomeniu e analogul domeniului îngust de frecvenţe electromagnetice pe care le pot vedea ochii noştri sau al domeniului îngust de dimensiuni şi durate, din jurul dimensiunii noastre corporale şi longevităţii noastre, pe care ni-l putem imagina. În spectrul improbabilităţilor, acest subdomeniu se întinde doar de la extremitatea din stânga (certitudine) până la miracolele minore, cum ar fi o lovitură norocoasă la golf sau un vis care se adevereşte. Există un domeniu vast de improbabilităţi calculabile matematic care se întinde dincolo de acest subdomeniu.

---

* Dawkins inventează pentru unitatea sa de măsură cuvântul *dealion* (de la *to deal* = a împărţi cărţile într-un joc de cărţi; *deal* = donă), care a fost tradus tot printr-o invenţie, păstrând terminaţia specifică numerelor mari. Un gigadonion reprezintă un miliard de donioane, iar un picodonion, o bilionime de donion. (*N. red.*)

Creierele noastre au fost construite de selecția naturală pentru a evalua probabilitatea și riscul, la fel cum ochii noștri au fost construiți pentru a evalua lungimile de undă electromagnetice. Suntem echipați pentru a efectua calcule mentale privind riscul și șansele în domeniul de improbabilități relevant pentru viața umană. Asta înseamnă, de pildă, riscul de a fi împuns de un taur dacă tragi cu arcul în el, de a fi lovit de trăsnet dacă te adăpostești în timpul unei furtuni sub un copac singuratic, de a te îneca la traversarea unui râu. Aceste riscuri acceptabile corespund vieții noastre de câteva decenii. Dacă am fi biologic capabili să trăim milioane de ani și am vrea să rezistăm, ar trebui să evaluăm riscurile într-un mod diferit. Ar trebui, de pildă, să nu traversăm strada, fiindcă dacă traversezi strada în fiecare zi timp de o jumătate de milion de ani vei fi fără îndoială călcat de mașină.

Evoluția ne-a echipat creierele cu o cunoaștere subiectivă a riscului și a improbabilității pe măsura unor ființe care trăiesc mai puțin de un secol. Strămoșii noștri au trebuit mereu să ia hotărâri implicând riscuri și probabilități, prin urmare selecția naturală ne-a echipat creierele pentru a evalua probabilitățile în raport cu viețile noastre scurte. Dacă pe vreo planetă ar exista ființe care trăiesc un milion de secole, domeniul riscurilor pe care și le-ar reprezenta s-ar extinde mult spre dreapta pe scara noastră. Ei s-ar aștepta să aibă din când în când o suită perfectă la bridge și nu și-ar da osteneala să scrie acasă pentru a anunța întâmplarea asta. Dar până și ei ar păli dacă o statuie de marmură le-ar face cu mâna, fiindcă ar trebui să trăiești multe donioane de ani pentru a vedea un asemenea miracol.

Dar ce au toate acestea a face cu teoriile despre originea vieții? Ei bine, am început raționamentul nostru afirmând că teoria lui Cairn-Smith sau teoria supei primordiale ni se par extrem de improbabile. Avem pornirea firească de a le respinge din acest motiv. Dar să ne amintim că suntem ființe ale căror creiere sunt echipate pentru a-și reprezenta riscuri dintr-un subdomeniu infim situat la extremitatea din stânga în spectrul matematic al riscului calculabil. Judecata noastră subiectivă în legătură cu ce înseamnă un pariu

bun e de fapt irelevantă. Judecata subiectivă a unui extraterestru care trăiește un milion de secole va fi foarte diferită. El va considera destul de plauzibil un eveniment cum e apariția primei molecule replicante postulată de teoria vreunui chimist, eveniment pe care noi, constrânși de evoluție să ne mișcăm într-o lume cu o durată de câteva decenii, l-am considera un miracol uimitor. Cum putem hotărî cine are dreptate, noi sau extratereștrii longevivi?

Întrebarea are un răspuns simplu. Perspectiva extratereștrilor longevivi este cea corectă pentru a judeca plauzibilitatea teoriei lui Cairn-Smith sau teoria supei primordiale. Aceasta fiindcă cele două teorii postulează un eveniment – apariția spontană a unei entități autoreplicante – care se poate petrece o dată la un miliard de ani, adică o dată la un eon. Un eon și jumătate este aproximativ timpul scurs între nașterea Pământului și primele fosile de tip bacteric. Pentru creierele noastre, care percep câteva decenii, un eveniment care se petrece doar o dată la un eon este ceva atât de rar, încât pare un mare miracol. Pentru un extraterestru matusalemic, acest eveniment va părea mai puțin miraculos decât ni se pare nouă o lovitură norocoasă la golf – iar cei mai mulți dintre noi cunosc probabil pe cineva care cunoaște pe cineva care a reușit performanța. În judecarea teoriilor asupra originii vieții, scara temporală a extratereștrilor longevivi e relevantă, pentru că e aproximativ aceeași cu scara temporală implicată în originea vieții. Judecata noastră subiectivă privind plauzibilitatea unei teorii asupra originii vieții se înșală probabil cu un factor de o sută de milioane.

De fapt, judecata noastră subiectivă se înșală probabil încă și mai mult. Nu numai că natura ne-a echipat creierul pentru a estima riscuri pe termen scurt, dar l-a echipat și pentru a estima riscuri care ne privesc pe noi personal sau privesc un cerc restrâns de oameni pe care îi cunoaștem. Aceasta deoarece creierul nostru nu a evoluat în condiții dominate de mass-media. Răspândirea în masă a informațiilor face ca, dacă i se întâmplă un eveniment improbabil unui om oarecare, oriunde în lume, să citim despre asta în ziare sau în *Cartea recordurilor*. Dacă un orator, oriunde în lume, provoacă în public trăsnetul să-l lovească dacă minte, iar acest lucru

se întâmplă imediat, aflăm negreşit despre el şi suntem profund impresionaţi. În toată lumea sunt însă câteva miliarde de oameni cărora li *se poate* întâmpla o asemenea coincidenţă, aşa încât iluzoria coincidenţă nu e chiar atât de mare pe cât pare. Creierele noastre sunt probabil echipate de natură pentru a evalua riscurile acelor lucruri care ni se întâmplă nouă sau câtorva sute de oameni din micul cerc de sate la care ajung bătăile în tobă, oameni de la care strămoşii noştri tribali se puteau aştepta să primească veşti. Când citim în ziare despre o coincidenţă uimitoare întâmplată cuiva în Valparaiso sau în Virginia, suntem mai impresionaţi decât e cazul. Mai impresionaţi probabil cu un factor de o sută de milioane, pentru că acesta e raportul dintre populaţia lumii despre care scrie în ziare şi populaţia tribală despre care creierele noastre „se aşteaptă" să primească veşti.

Acest „calcul populaţional" e relevant şi pentru judecata privind plauzibilitatea teoriilor asupra originii vieţii. Nu din pricina populaţiei umane de pe Pământ, ci din pricina populaţiei planetelor din univers, populaţia planetelor pe care *ar fi putut* să apară viaţa. Acesta e chiar argumentul pe care l-am mai întâlnit în acest capitol, aşa încât e inutil să insistăm asupra lui. Să ne întoarcem la scara evenimentelor improbabile, pe care am marcat reperul unei done la bridge şi al unei aruncări de zaruri. Pe această scară gradată în donioane şi microdonioane să marcăm următoarele trei noi puncte. Probabilitatea ca viaţa să apară pe o planetă (de pildă în cursul unui miliard de ani) dacă presupunem că viaţa apare o dată în fiecare sistem solar. Probabilitatea ca viaţa să apară pe o planetă dacă viaţa apare o dată în fiecare galaxie. Probabilitatea ca viaţa să apară pe o planetă oarecare dacă viaţa apare doar o singură dată în univers. Să numim aceste trei puncte Numărul Sistem Solar, Numărul Galaxie şi Numărul Univers. Să ne amintim că există aproximativ 100 000 de milioane de galaxii. Nu ştim câte sisteme solare există în fiecare galaxie pentru că nu putem vedea decât stelele, nu şi planetele, dar am estimat anterior că ar putea exista aproximativ 100 de miliarde de miliarde de planete în univers.

Când evaluăm improbabilitatea unui eveniment postulat, de pildă, de teoria lui Cairn-Smith, ar trebui s-o evaluăm nu în funcţie de ce ni se pare nouă în mod subiectiv a fi probabil sau improbabil, ci în funcţie de numere cum sunt acestea trei, Numărul Sistem Solar, Numărul Galaxie şi Numărul Univers. A stabili care dintre acestea trei e cel mai potrivit se reduce la a stabili care dintre următoarele trei afirmaţii se apropie cel mai mult de adevăr:

1. Viaţa a apărut doar pe o singură planetă în întreg universul (iar această planetă, după cum am văzut mai sus, trebuie să fie Pământul).

2. Viaţa a apărut doar pe o singură planetă într-o galaxie (în galaxia noastră, Pământul e planeta norocoasă).

3. Apariţia vieţii e un eveniment suficient de probabil pentru a avea loc aproximativ o dată în fiecare sistem solar (în sistemul nostru solar Pământul e planeta norocoasă).

Cele trei afirmaţii reprezintă trei perspective-reper asupra vieţii. Realitatea se află probabil undeva între extremele reprezentate de Afirmaţia 1 şi Afirmaţia 3. De ce spun acest lucru? Şi, mai ales, de ce trebuie să excludem o a patra posibilitate, ca viaţa să fie un eveniment mult *mai* probabil decât lasă să se înţeleagă Afirmaţia 3? Deşi nu aduc un argument imbatabil, răspunsul meu este: dacă apariţia vieţii ar fi un eveniment mult mai probabil decât sugerează Numărul Sistem Solar, ar fi trebuit deja să întâlnim forme extraterestre de viaţă, dacă nu în carne şi oase (sau echivalentul lor), măcar pe calea undelor radio.

Se subliniază deseori că încercările chimiştilor de a reproduce în laborator apariţia spontană a vieţii au eşuat. Acest fapt e folosit ca dovadă împotriva teoriilor pe care chimiştii încearcă să le testeze. Adevărul e însă că ar trebui să fim îngrijoraţi dacă s-ar dovedi că e uşor să se obţină viaţa în mod spontan într-o eprubetă. Aceasta fiindcă experimentele chimiştilor durează ani, nu mii de milioane de ani, şi doar o mână de chimişti, nu mii de milioane de chimişti,

sunt implicați în aceste experimente. Dacă s-ar dovedi că apariția spontană a vieții e un eveniment suficient de probabil pentru a avea loc în cele câteva decenii de când chimiștii își efectuează experimentele, atunci viața ar fi trebuit să apară de mai multe ori pe Pământ și pe planetele aflate în raza de bătaie a undelor radio.* Desigur, toate acestea fac să devină caducă încercarea de a ne lămuri dacă în experimentele lor chimiștii au izbutit să reconstituie condițiile din trecutul îndepărtat al Pământului, dar, chiar și așa, dat fiind că nu putem stabili acest lucru, raționamentul merită dus mai departe.

Dacă apariția vieții ar fi un eveniment probabil în raport cu standardele umane, atunci un număr mare de planete aflate în raza de bătaie a undelor radio ar fi trebuit să dezvolte o tehnologie radio cu suficient de mult timp în urmă (amintiți-vă că undele radio călătoresc cu viteza de aproape 300 000 de kilometri pe secundă) pentru ca noi să putem capta cel puțin o transmisie în deceniile de când suntem echipați pentru a o face. Există probabil aproximativ 50 de stele în raza de bătaie a undelor radio, presupunând că au dobândit tehnologia radio în momentul în care am dobândit-o și noi. Dar 50 de ani e un interval infim și ar fi o coincidență extraordinară dacă o altă civilizație ar fi atât de bine sincronizată cu noi. Dacă luăm în calcul acele civilizații care au cunoscut tehnologia radio acum 1 000 de ani, am avea aproximativ un milion de stele în raza de bătaie a undelor radio (împreună cu un număr nepreciza de planete care se rotesc în jurul lor). Dacă luăm în calcul o tehnologie radio datând de 100 000 de ani, întreaga galaxie conținând o mie de miliarde de stele s-ar afla în raza de bătaie a undelor radio. Desigur, semnalele radio de la asemenea distanțe imense ar fi mult atenuate.

Am ajuns astfel la următorul paradox. Dacă teoria asupra apariției vieții ar fi suficient de „plauzibilă" pentru a ne satisface judecata subiectivă privind plauzibilul, atunci ea ar fi *prea* „plauzibilă"

---

* Aici, raza de bătaie a undelor radio reprezintă intervalul de timp scurs de la emiterea semnalului înmulțit cu viteza luminii, adică distanța parcursă de undele radio în acest timp. (*N. red.*)

pentru a explica puţinătatea vieţii în universul observabil. Conform acestui raţionament, teoria pe care o căutăm *trebuie* să fie o teorie care să pară neplauzibilă imaginaţiei noastre limitate la Pământ şi la o viaţă de câteva decenii. Privite din această perspectivă, teoria lui Cairn-Smith şi cea a supei primordiale riscă nu să fie prea neplauzibile, ci prea plauzibile! Acestea fiind spuse, trebuie să vă mărturisesc că, din moment ce asemenea calcule au o marjă imensă de eroare, dacă un chimist ar reuşi într-adevăr să creeze viaţă spontană nu m-ar mira din cale-afară!

Încă nu ştim exact cum a apărut selecţia naturală pe Pământ. Acest capitol a avut modestul scop de a explica doar *acel gen* de cale prin care trebuie să fi apărut selecţia naturală. Faptul că deocamdată nu dispunem de o teorie unanim acceptată privind originea vieţii nu ar trebui în nici un caz să pună sub semnul întrebării întreaga perspectivă darwinistă asupra lumii, aşa cum se întâmplă uneori – când se confundă probabil dorinţele cu realitatea. În capitolele anterioare am vorbit despre alte pretinse obstacole în calea teoriei darwiniste, iar în următorul capitol voi mai prezenta unul, ideea că selecţia naturală poate doar distruge, şi niciodată construi.

CAPITOLUL 7

Evoluția constructivă

Adesea oamenii privesc selecția naturală ca pe o forță pur negativă, în stare să înlăture ciudățeniile și eșecurile, dar incapabilă să construiască un proiect complex, frumos și eficient. Ea elimină din ce există deja, dar un proces cu adevărat creator n-ar trebui oare să și adauge ceva? Se poate răspunde în parte la această întrebare făcând comparația cu o statuie. Nimic nu e adăugat unui bloc de marmură. Sculptorul nu face decât să dea la o parte, și cu toate astea iese la iveală o statuie frumoasă. Dar această metaforă ne poate induce în eroare, fiindcă unii vor sări direct la partea înșelătoare a metaforei - faptul că sculptorul e un făuritor conștient -- și vor rata partea importantă: faptul că sculptorul lucrează eliminând, nu adăugând. Nici măcar această parte a metaforei n-ar trebui supralicitată. Selecția naturală poate doar să elimine, dar mutația poate să adauge. Sunt căi prin care mutația și selecția naturală, împreună, pot duce, în cursul lungilor ere geologice, la construirea unei complexități care seamănă mai curând cu adăugarea decât cu eliminarea. Există două căi importante prin care această construcție se poate realiza. Prima poate fi numită „genotipurile coadaptate", iar a doua, „cursa înarmărilor". La o privire superficială ele diferă, dar le unesc două sintagme-cheie: „coevoluția" și „genele ca medii reciproce".

Să începem cu ideea de „genotipuri coadaptate". Gena prezintă particularitatea că acționează *numai* dacă există o structură asupra căreia să acționeze. O genă nu poate afecta conexiunile dintr-un creier decât dacă există de la bun început un creier în care să fie stabilite conexiunile. Nu va exista un creier în care conexiunile să fie stabilite de la bun început decât dacă există un embrion

complet dezvoltat. Nu va exista un embrion complet dezvoltat decât dacă există un întreg program de evenimente chimice și celulare, aflate sub influența unei sumedenii de alte gene și a unei sumedenii de alte influențe negenetice întâmplătoare. Efectele particulare pe care genele le au nu sunt proprietăți intrinsece ale acelor gene. Ele sunt proprietăți ale proceselor embriologice, acele procese *existente* ale căror detalii pot fi *modificate* de gene, acționând în anumite locuri și în anumite momente, în cursul dezvoltării embrionare. Am văzut acest lucru, într-o formă elementară, la dezvoltarea pe calculator a biomorfelor.

Într-un fel, întreg procesul dezvoltări embrionare poate fi privit ca o cooperare între mii de gene. Embrionii sunt asamblați de toate genele care acționează în organismul aflat în dezvoltare, gene care colaborează între ele. Iată acum cheia pentru a înțelege cum are loc această colaborare. În selecția naturală, genele sunt întotdeauna selectate pentru capacitatea lor de a se dezvolta în mediul în care se află. Adesea ne imaginăm că acest mediu seamănă cu lumea exterioară, lumea prădătorilor și a climei. Dar, din punctul de vedere al fiecărei gene, pesemne că cea mai importantă parte a mediului ei o constituie *toate celelalte gene pe care le întâlnește*. Și unde se poate „întâlni" o genă cu altă genă? În principal în celulele corpurilor individuale succesive în care se găsește. Fiecare genă e selectată pentru capacitatea ei de a coopera cu populația altor gene pe care e probabil să le întâlnească în corpuri.

Adevărata populație de gene, care constituie mediul de lucru al oricărei gene, nu e doar o alăturare temporară și întâmplătoare din interiorul unui anume corp. Cel puțin la speciile care se reproduc sexuat, ea e mulțimea tuturor genelor din populația de indivizi care se pot încrucișa – „fondul comun" de gene. În orice moment, o copie a oricărei gene, adică un anume ansamblu de atomi, trebuie să se afle într-o celulă dintr-un individ. Dar ansamblul de atomi care reprezintă o copie a unei gene nu e de interes permanent. El are o speranță de viață care se măsoară doar în luni. După cum am văzut, gena longevivă ca unitate a evoluției nu e vreo structură fizică anume, ci *informația* arhivată sub formă de text care e copiată

de-a lungul generațiilor. Acest replicator al textului are o existență distribuită. Este larg distribuit în spațiu, între diferiți indivizi, și larg distribuit în timp, de-a lungul multor generații. Ținând cont de această distribuție, se poate spune că o genă „întâlnește" o altă genă atunci când se află amândouă în același corp. Este de așteptat să întâlnească o mulțime de alte gene în corpuri diferite și la momente diferite de-a lungul existenței sale distribuite și în marșul său prin erele geologice. O genă de succes va fi aceea care se descurcă bine în mediile oferite de aceste alte gene pe care e probabil să le întâlnească într-o mulțime de corpuri diferite. A te „descurca bine" în asemenea medii se va dovedi a fi totuna cu a „colabora" cu aceste alte gene. Acest lucru se vede cel mai limpede în cazul căilor biochimice.

Căile biochimice reprezintă șiruri de transformări ale compușilor chimici care constituie etape succesive în unele procese utile, cum ar fi eliberarea de energie sau sinteza unei substanțe importante. Fiecare pas al unei căi are nevoie de o enzimă – una dintre acele molecule mari care sunt destinate să funcționeze ca un utilaj dintr-un combinat chimic. Enzime diferite sunt necesare în diferiți pași din calea chimică. Uneori există două sau mai multe căi chimice alternative pentru același rezultat util. Deși ambele căi conduc în același punct, etapele intermediare sunt diferite, iar în mod normal punctele de pornire sunt și ele diferite. Ambele căi funcționează și nu contează care din ele e folosită. Important pentru orice animal e să evite să le încerce pe amândouă în același timp, pentru că asta ar genera confuzie chimică și ineficiență.

Să presupunem acum că pentru Calea 1 e nevoie de enzimele A1, B1 și C1 pentru a sintetiza produsul chimic dorit D. Calea 2 are nevoie de enzimele A2, B2 și C2 pentru a ajunge la același produs final. Fiecare enzimă e produsă de o genă anume. Prin urmare, pentru a dezvolta linia de asamblare a Căii 1, o specie are nevoie ca genele care le codifică pe A1, B1 și C1 să *co*evolueze. Pentru a dezvolta linia de asamblare alternativă a Căii 2, o specie are nevoie ca genele care le codifică pe A2, B2 și C2 să coevolueze. Alegerea între cele două coevoluții nu se face conform

unui plan prestabilit. Ea se face pur și simplu prin selecția fiecărei gene în virtutea compatibilității sale cu celelalte gene *care s-a întâmplat să fie deja dominante în cadrul populației*. Dacă se întâmplă ca populația să fie deja bogată în gene pentru B1 și C1, acest mediu va favoriza gena pentru A1 în detrimentul genei pentru A2. Invers, dacă populația e deja bogată în gene pentru B2 și C2, acest mediu va favoriza gena pentru A2 în detrimentul genei pentru A1.

Mecanismul nu e chiar atât de simplu, dar v-ați făcut o idee: unul dintre cele mai importante aspecte ale „climatului" în care o genă e favorizată sau defavorizată îl reprezintă celelalte gene care sunt deja numeroase în populație – celelalte gene cu care e probabil să împartă corpurile. Din moment ce același lucru e valabil și pentru aceste „celelalte" gene, ne putem închipui echipe de gene care evoluează împreună către rezolvarea problemelor prin cooperare. Genele însele nu evoluează, ele doar supraviețuiesc sau nu supraviețuiesc în fondul comun de gene. „Echipa" de gene este cea care evoluează. Se poate ca alte echipe să-și facă treaba la fel de bine sau chiar mai bine. Dar, odată ce o echipă a început să domine fondul comun de gene al unei specii, ea se află automat în avantaj. Este dificil pentru o echipă minoritară să se impună, chiar dacă în cele din urmă s-ar dovedi că e mai eficientă. Echipa majoritară e greu de înlocuit pur și simplu fiindcă e majoritară. Asta nu înseamnă că o echipă majoritară nu poate fi niciodată înlocuită, căci altminteri evoluția s-ar opri, dar există un fel de inerție intrinsecă.

Acest tip de raționament nu se limitează, desigur, la biochimie. El se aplică și grupurilor de gene compatibile care construiesc diferitele părți ale ochilor, urechilor, nasurilor, membrelor inferioare, ale tuturor părților care cooperează în corpul unui animal. Genele care fac dinți potriviți pentru mestecarea cărnii tind să fie favorizate într-un climat dominat de gene care fac intestine potrivite pentru digerarea cărnii. Pe de altă parte, genele care fac dinți pentru măcinarea plantelor tind să fie favorizate într-un climat dominat de gene care fac intestine potrivite pentru digerarea plantelor. Reciproca

e valabilă în ambele cazuri. Echipele de „gene carnivore" tind să evolueze împreună, după cum şi echipele de „gene ierbivore" tind să evolueze împreună. Se poate într-adevăr spune că majoritatea genelor active dintr-un corp cooperează ca o echipă deoarece, în decursul timpului evolutiv, fiecare dintre ele (de fapt dintre copiile lor ancestrale) a făcut parte dintr-un mediu în care selecţia naturală a acţionat şi asupra celorlalte. Dacă ne întrebăm de ce strămoşii leilor au devenit carnivori în vreme ce strămoşii antilopelor au devenit ierbivori, răspunsul ar putea fi acela că iniţial a fost vorba de un accident. Un accident în sensul că strămoşii leilor ar fi putut deveni ierbivori, iar strămoşii antilopelor ar fi putut deveni carnivori. Dar, odată ce o filiaţie *a început* construcţia unei echipe de gene adaptate consumului de carne, şi nu de plante, procesul s-a autoîntreţinut. Iar odată ce cealaltă filiaţie a început să construiască o echipă de gene adaptate consumului de plante, şi nu de carne, *acest* proces s-a autoîntreţinut ducând în cealaltă direcţie.

Unul dintre lucrurile cele mai importante care trebuie să se fi petrecut la începutul evoluţiei organismelor vii a fost creşterea numărului genelor care participau la asemenea cooperări. Bacteriile au mult mai puţine gene decât animalele şi plantele. Creşterea e posibil să fi avut loc prin diferite tipuri de duplicări ale genelor. Să ne amintim că o genă e doar un şir de simboluri codificate, la fel ca un fişier dintr-un disc de calculator, iar genele pot fi copiate în diferite părţi ale cromozomilor, la fel cum fişierele pot fi copiate în diferite părţi ale discului. Pe discul meu în care se află acest capitol există oficial doar trei fişiere. Prin „oficial" înţeleg faptul că sistemul de operare al calculatorului îmi spune că există doar trei fişiere. Pot să-i cer să citească unul dintre aceste trei fişiere, iar el îmi prezintă o serie unidimensională de caractere alfabetice, între care se află şi caracterele pe care le citiţi chiar acum. Totul pare să fie foarte simplu şi ordonat. De fapt însă, pe disc nimic nu e simplu şi ordonat. Asta se poate vedea dacă laşi deoparte disciplina sistemului oficial de operare al calculatorului şi îţi scrii propriile programe pentru a descifra ce e scris în realitate pe fiecare sector

al discului. Se dovedește că fragmente din toate cele trei fișiere sunt răspândite pretutindeni, amestecate între ele, dar și cu fragmente ale unor fișiere vechi, pe care le-am șters cu mult timp în urmă și de care am uitat. Orice fragment poate apărea, același cuvânt cu cuvânt sau cu mici diferențe, în mai multe locuri diferite răspândite pe tot discul.

Motivul e unul foarte interesant și merită o digresiune pentru că oferă o bună analogie cu genetica. Când spui unui calculator să șteargă un fișier, el pare să se supună. De fapt însă, nu șterge cu adevărat textul acelui fișier. El șterge doar *trimiterile* la acel fișier. E ca și cum un bibliotecar căruia i s-a cerut să distrugă *Amantul doamnei Chatterley* ar rupe doar fișa cărții, lăsând cartea în raft. Pentru calculator e o soluție perfect economică, deoarece spațiul ocupat anterior de fișierul „șters" rămâne în mod automat disponibil pentru noi fișiere, odată ce trimiterile la vechiul fișier au fost distruse. Ar fi o pierdere de vreme să te apuci să umpli spațiul cu *blank*-uri. Vechiul fișier nu va fi cu totul pierdut decât atunci când întreg spațiul va fi folosit pentru stocarea noilor fișiere.

Dar această refolosire a spațiului se face treptat. Noile fișiere nu au exact aceeași dimensiune ca cele vechi. Când un calculator încearcă să salveze un nou fișier pe un disc, el caută primul fragment de spațiu disponibil, scrie acolo atât cât încape din noul fișier, apoi caută un alt fragment de spațiu disponibil, mai scrie puțin, și tot așa până când întregul fișier e scris *undeva* pe disc. Omul are iluzia că fișierul e un șir unic, ordonat, doar fiindcă computerul ține evidența „trimiterilor" la adresele tuturor fragmentelor răspândite pe disc. Aceste „trimiteri" seamănă cu trimiterile de genul „continuarea la pagina 94" din *New York Times*. Pe disc se găsesc mai multe cópii ale unui fragment de text pentru că, dacă se întâmplă ca textul să fie editat și reeditat de zeci de ori, așa cum e cazul tuturor capitolelor din cartea mea, fiecare editare se încheie cu o nouă salvare pe disc a (aproape) aceluiași text. La prima vedere, salvarea poate fi o salvare a aceluiași fișier. Dar, după cum am văzut, textul va fi de fapt răspândit în mod repetat în „golurile" disponibile de pe disc. Prin urmare, mai multe cópii ale unui anumit

fragment de text pot fi găsite pretutindeni pe suprafaţa discului, cu atât mai multe cu cât discul e mai vechi şi mai utilizat.

Sistemul de operare ADN al speciilor e foarte vechi şi există dovezi că, pe termen lung, face cam ce face şi calculatorul cu fişierele de pe disc. O dovadă e furnizată de fascinantul fenomen al „intronilor" şi „exonilor". În ultimul deceniu s-a descoperit că o genă „individuală", adică un pasaj citit continuu din textul ADN, nu e stocată într-un singur loc. Dacă citiţi literele de cod aşa cum apar ele de-a lungul cromozomului (cu alte cuvinte, dacă abandonaţi disciplina sistemului de operare), veţi găsi fragmente care au „sens", numite exoni, separate de porţiuni care „n-au sens", numite introni. Din punct de vedere funcţional, fiecare genă e de fapt împărţită într-o succesiune de fragmente (exoni) separate de introni lipsiţi de sens. E ca şi cum fiecare exon s-ar termina cu o trimitere care spune „continuarea la pagina 94". O genă completă e deci alcătuită dintr-o serie de exoni care se înlănţuie doar când sunt citiţi de sistemul „oficial" de operare care îi decodifică în proteine.

O altă dovadă vine din faptul că în cromozomi se află resturi de text genetic vechi care nu mai e folosit, dar al cărui sens poate fi încă recunoscut. Pentru un informatician, distribuţia acestor fragmente de „fosile genetice" e frapant de asemănătoare cu distribuţia unui text pe suprafaţa unui disc vechi care a fost îndelung folosit la editarea de texte. La unele animale, o mare parte din numărul total al genelor nu e de fapt niciodată citită. Aceste gene fie nu au sens, fie sunt „gene fosile" ieşite din uz.

Doar din când în când fosilele de text îşi reintră în drepturi, după cum mi s-a întâmplat şi mie să constat la scrierea acestei cărţi. O eroare a calculatorului (sau, ca să fiu cinstit, s-ar putea să fi fost o eroare umană) mi-a „şters" discul care conţinea capitolul 3. Bineînţeles, nu textul ca atare a fost şters. Tot ce s-a şters au fost *trimiterile* care indică unde începe şi unde se sfârşeşte fiecare „exon". Sistemul „oficial" de operare nu poate citi nimic, dar „neoficial" am putut să joc rolul unui genetician şi să examinez întreg textul de pe disc. Ce mi-a apărut în faţa ochilor a fost un puzzle zăpăcitor de fragmente de text, unele recente, altele vechi, „fosile".

Punând laolaltă fragmentele de puzzle am putut reconstitui capitolul. Dar aproape că nu mai puteam ştica re fragmente erau recente şi care fosile. Nu m-am prea sinchisitfiindcă, cu excepția câtorva detalii minore care necesitau o nouă editare, erau la fel. Cel puțin câteva dintre fosile, „introni" demodaii, şi-au reintrat în drepturi. Ele m-au ajutat să ies din încurcătură şi m-au scutit de corvoada de a rescrie întreg capitolul.

Există dovezi că şi la speciile vii „genele fosile" îşi reintră din când în când în drepturi şi sunt refolosite după ce au dormitat vreme de un milion de ani. Dacă am intra în detalii ne-am abate prea mult de la cursul acestui capitol, căci vă amintesc că ne aflăm deja într-o digresiune. Ideea esențială era că întreaga capacitate genetică a unei specii poate spori prin duplicarea genelor. Refolosirea vechilor cópii „fosile" ale genelor existente e una din căile prin care acest lucru se poate întâmpla. Există şi alte căi mai directe prin care genele pot fi copiate în părți răspândite pretutindeni în cromozomi, la fel ca fişierele duplicate în diferite părți ale unui disc sau pe discuri diferite.

Oamenii au opt gene distincte numite gene de globină (folosite între altele la producerea hemoglobinei) pe diferiți cromozomi. Este aproape sigur că toate cele opt gene au fost copiate şi derivă în cele din urmă dintr-o unică genă ancestrală de globină. În urmă cu aproximativ 1 100 de milioane de ani, gena ancestrală de globină s-a duplicat, formând două gene. Putem data acest eveniment fiindcă există dovezi independente privind viteza cu care globinele evoluează în mod normal (vezi capitolele 5 şi 11). Din cele două gene apărute în urma acestei duplicări inițiale, una a devenit strămoşul tuturor genelor care produc hemoglobina la vertebrate. Cealaltă a devenit strămoşul tuturor genelor care produc mioglobinele, o familie înrudită de proteine care acționează în mușchi. Diferite cópii ulterioare au dat naştere aşa-numitelor globine alfa, beta, gama, delta, epsilon şi zeta. Lucrul fascinant este că putem construi întregul arbore genealogic al tuturor genelor de globină, ba putem chiar şi data toate punctele de ramificație (globinele delta şi beta s-au desprins cu 40 de milioane de ani în urmă; globinele epsilon şi

gama cu 100 de milioane de ani în urmă). Şi totuşi, cele opt globine, descendenţii acestor ramificări străvechi, sunt toate prezente încă în interiorul fiecăruia din noi. Ele s-au răspândit în diferite părţi ale cromozomilor unui strămoş şi le-am moştenit cu toţii pe diferiţi cromozomi ai noştri. Moleculele împart acelaşi corp cu verii lor moleculari îndepărtaţi. Este cert că au avut loc numeroase asemenea duplicări pe toată lungimea cromozomilor în cursul erelor geologice. În această privinţă, viaţa reală e mult mai complicată decât biomorfele din capitolul 3. Ele aveau doar nouă gene şi evoluau prin modificări ale acestor nouă gene, niciodată prin creşterea numărului de gene la zece. Chiar şi la animalele reale asemenea duplicări sunt suficient de rare pentru a nu invalida afirmaţia mea generală că toţi membrii unei specii împărtăşesc acelaşi sistem ADN de „adrese".

Duplicarea produsă în interiorul speciei nu e singurul mijloc prin care numărul genelor cooperante a crescut în cursul evoluţiei. Un fenomen mai rar, dar care nu e exclus să fie extrem de important, este încorporarea accidentală a unei gene provenind de la o altă specie, poate chiar foarte îndepărtată. Există, de exemplu, hemoglobine în rădăcinile plantelor din familia mazării. Ele nu se mai întâlnesc la nici o altă familie de plante şi e aproape sigur că au ajuns în familia mazării de la animale, probabil prin intermediul virusurilor.

Un eveniment deosebit de important, conform teoriei biologului american Lynn Margulis, a avut loc la apariţia aşa-numitei celule eucariote. Celulele eucariote includ toate celulele, cu excepţia celulelor bacteriilor. Simplu spus, lumea vie se împarte în două: bacterii şi restul. Noi facem parte din acest rest şi purtăm numele colectiv de eucariote. Ne deosebim de bacterii în principal prin faptul că celulele noastre conţin în interiorul lor mini-celule distincte. Acestea sunt: nucleul, care adăposteşte cromozomii; minusculele obiecte în formă de bombă numite mitocondrii (pe care le-am întâlnit în figura 1) umplute cu membrane complicat pliate; şi, în celulele (eucariote) ale plantelor, cloroplastele. Mitocondriile şi cloroplastele au propriul lor ADN, care se copiază şi se propagă total

independent de ADN-ul principal din cromozomii nucleului. Toate mitocondriile dintr-un om descind dintr-o mică populație de mitocondrii care provin de la mamă prin ovulul ei. Spermatozoizii sunt mult prea mici ca să conțină mitocondrii, așa încât mitocondriile se transmit exclusiv pe linie feminină, iar corpurile masculine sunt fundături din punctul de vedere al reproducerii mitocondriale. În paranteză fie spus, aceasta înseamnă că nu putem folosi de mitocondrii pentru a ne descoperi originile, însă doar pe linie feminină.*

Teoria lui Margulis afirmă că mitocondriile și cloroplastele, și alte câteva structuri din interiorul celulelor, descind din bacterii. Celula eucariotă s-a format, probabil cu două miliarde de ani în urmă, atunci când mai multe tipuri de bacterii și-au unit forțele datorită avantajelor de care ar fi beneficiat fiecare de pe urma celorlalte. În cursul miliardelor de ani ele s-au integrat atât de strâns în unitatea de cooperare care s-a transformat în celula eucariotă, încât a devenit imposibil de observat faptul că au fost cândva bacterii separate.

Se pare că, odată inventată celula eucariotă, o întreagă nouă gamă de proiecte a devenit posibilă. Cel mai interesant, din punctul nostru de vedere, e faptul că celulele au putut alcătui corpuri mari conținând multe miliarde de celule. Toate celulele se reproduc prin diviziune, ambele jumătăți primind un set complet de gene. După cum am văzut în cazul bacteriilor, diviziunile succesive pot genera un număr foarte mare de celule într-un timp relativ scurt. Începi

* Aceasta a permis geneticienilor să deducă (pe baza unor metode matematice complicate și uneori contestate) că acum aproximativ 140 000 de ani a trăit în Africa (pe teritoriul actual al Etiopiei, Kenyei sau Tanzaniei) strămoașa comună a tuturor femeilor din ziua de azi, botezată „Eva mitocondrială". În esență, ideea e de a compara eșantioane de ADN mitocondrial din lumea întreagă și de a le grupa ierarhic pe familii, începând cu familiile cele mai strâns înrudite și sfârșind cu familiile cele mai îndepărtate. Eva mitocondrială trebuie să fi fost africană pentru că în Africa s-a găsit cea mai mare variație a ADN-ului mitocondrial, iar datarea ei s-a bazat pe calcule legate de ritmul în care se produc mutațiile în ADN-ul mitocondrial. Considerații similare nu sunt aplicabile ADN-ului nuclear, fiindcă acolo se amestecă informația genetică provenind de la cei doi părinți, deci variația sa nu e atât de simplu de analizat. (*N. red.*)

cu una și aceasta se divide. Apoi, fiecare din cele două celule se divide și apar patru. Fiecare din cele patru se divide și apar opt. Numerele cresc prin dublări succesive, de la 8 la 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1 024, 2 048, 4 096, 8 192. După numai 20 de dublări, ceea ce nu ia prea mult timp, ajungem la milioane. După numai 40 de dublări numărul celulelor depășește un bilion. În cazul bacteriilor, nenumăratele celule produse prin dublările succesive își urmează fiecare calea ei. Același lucru e valabil pentru multe celule eucariote, de exemplu protozoarele cum e amiba. Un pas important în evoluție a fost făcut atunci când celulele, rezultate în urma diviziunii succesive, au rămas împreună în loc să-și urmeze fiecare calea ei. Acum putea apărea o structură având un nivel de ordine mai înalt, așa cum s-a întâmplat, la o scară incomparabil mai mică, cu biomorfele din calculator.

Acum, pentru prima dată, au devenit posibile corpuri de dimensiuni mari. Corpul uman e o populație într-adevăr imensă de celule, toate descinzând dintr-un singur strămoș, ovulul fertilizat, și prin urmare toate verișoare, fiice, nepoate, mătuși etc. ale celorlalte celule din corp. Cele zece bilioane de celule care ne alcătuiesc pe fiecare dintre noi sunt rezultatul a câteva zeci de generații de diviziuni celulare. Aceste celule se împart în aproximativ 210 tipuri diferite de celule, toate construite de exact același set de gene, dar diferiți membri ai setului de gene produc diferite tipuri de celule. Aceasta, după cum am văzut, explică faptul că celulele ficatului sunt diferite de cele ale creierului, iar cele ale oaselor sunt diferite de cele ale mușchilor.

Acționând prin intermediul organelor și tiparelor comportamentale ale corpurilor alcătuite din numeroase celule, genele pot ajunge la metode de a-și asigura propagarea care nu sunt la îndemâna celulelor individuale, ce acționează pe cont propriu. Corpurile multicelulare fac posibil ca genele să manipuleze lumea folosind unelte construite la o scară care e cu mai multe ordine de mărime mai mare decât scara celulelor individuale. Ele ajung la aceste manipulări indirecte la scară mare prin efectele lor directe la scara miniaturală a celulelor. De exemplu, ele modifică forma membranei

celulei. Apoi celulele interacționează în populații imense pentru a produce efecte de grup la scară mare, cum sunt un braț, un picior sau (mai indirect) un dig construit de castor. Cele mai multe dintre proprietățile unui organism pe care le putem vedea cu ochiul liber sunt așa-numitele „proprietăți emergente". Chiar și biomorfele din calculator, cu cele nouă gene ale lor, au avut proprietăți emergente. În cazul animalelor reale ele sunt produse la nivelul întregului corp prin interacțiuni între celule. Un organism funcționează ca un întreg și se poate spune că genele lui au efecte la nivelul întregului organism, chiar dacă fiecare copie a unei gene își exercită efectele imediate numai în interiorul propriei sale celule.

Am văzut că o mare parte din mediul unei gene o reprezintă celelalte gene cu care e probabil să se întâlnească în corpuri succesive de-a lungul generațiilor. Acestea sunt genele care sunt permutate și combinate în cadrul speciei. O specie care se reproduce sexuat poate fi privită ca un dispozitiv ce permută în diferite combinații un set de gene reciproc adaptate. Din această perspectivă, speciile sunt ansambluri de gene care se amestecă permanent, se întâlnesc unele cu altele în cadrul aceleiași specii, dar nu se întâlnesc niciodată cu genele altor specii Într-un anume sens însă, chiar dacă nu se întâlnesc nemijlocit în interiorul celulelor, genele diferitelor specii constituie totuși unele pentru altele o parte importantă a mediului în care se află. Relația e deseori mai degrabă de ostilitate decât de cooperare, dar acest lucru poate fi privit ca o simplă schimbare de semn. Ajungem astfel la a doua temă majoră a acestui capitol, „cursa înarmărilor". Există curse ale înarmărilor între prădători și pradă, paraziți și gazde, ba chiar și între masculi și femele în cadrul unei specii – dar acesta e un aspect mai subtil și n-am să insist.

Cursele înarmărilor se desfășoară la scara timpului evoluției, nu la scara vieților individuale. Ele constau dintr-o îmbunătățire adusă echipamentului de supraviețuire al unei filiații (de pildă, prada), ca o consecință directă a îmbunătățirii apărute în evoluția echipamentului altei filiații (de pildă, prădătorii). De fiecare dată când indivizii au inamici care posedă propria lor capacitate de

îmbunătățire evolutivă apar curse ale înarmărilor. Cursele înarmărilor mi se par extrem de importante pentru că în mare măsură ele sunt răspunzătoare pentru caracterul de „progres" al evoluției. Deoarece, contrar unor prejudecăți mai vechi, nu există nimic care să aibă un caracter intrinsec de progres în evoluție. Putem vedea acest lucru dacă ne gândim ce s-ar fi întâmplat în cazul în care singurele probleme cu care animalele s-ar fi confruntat ar fi fost cele puse de climă și de alte aspecte ale mediului neînsuflețit.

După multe generații de selecție cumulativă într-un anume loc, animalele și plantele se adaptează bine condițiilor, de pildă condițiilor de climă din acel loc. Dacă e frig, animalele ajung să aibă blănuri groase sau pene. Dacă e uscat, animalele dobândesc piei impermeabile, tari sau cerate, pentru a conserva puțina apă de care dispun. Adaptările la condițiile locale afectează fiecare parte a corpului, forma și culoarea sa, organele interne, comportamentul și chimia celulelor sale.

Dacă condițiile în care trăiește o filiație de animale rămân constante (de pildă, e uscat și foarte cald timp de o sută de generații fără întrerupere), este probabil ca evoluția acestei filiații să stagneze, cel puțin în privința adaptărilor legate de temperatură și umiditate. Animalele vor ajunge să fie pe cât de bine adaptate e posibil la condițiile locale. Asta nu înseamnă că ele nu ar putea fi complet reproiectate pentru a deveni încă și mai bune. Înseamnă că ele nu se mai pot îmbunătăți printr-un *mic* (și prin urmare probabil) pas evolutiv: nici unul dintre vecinii imediați din echivalentul local al „spațiului biomorfelor" nu s-ar descurca mai bine.

Evoluția va stagna până când se va schimba ceva în condiții: începutul unei epoci glaciare, o modificare în cantitatea medie de precipitații în zonă, o schimbare a vântului predominant. Asemenea schimbări au într-adevăr loc când avem de-a face cu perioade de genul celor implicate în evoluție. Prin urmare, în mod normal evoluția nu stagnează, dar „urmează" constant schimbările mediului. Dacă temperatura medie din zonă scade sistematic vreme de secole, generații succesive de animale vor fi dirijate de o „presiune" constantă a selecției în direcția apariției unei blăni cu păr

mai lung. Dacă, după câteva mii de ani de temperatură scăzută, tendința se inversează și temperaturile medii cresc din nou, animalele vor fi supuse influenței unei noi „presiuni" a selecției și vor fi împinse în direcția scurtării părului.

Până acum am luat în considerare doar o parte limitată a mediului, și anume clima. Clima e foarte importantă pentru animale și plante. Tiparele ei se schimbă de-a lungul secolelor, iar astfel evoluția e menținută constant în mișcare, căci ea urmează „schimbările". Dar tiparele climei se modifică haotic și inconsecvent. Există alte părți din mediul unui animal care se modifică în direcții consecvent defavorabile și care trebuie de asemenea să fie „urmate". Aceste părți ale mediului sunt însești ființele vii. Pentru un animal de pradă cum e hiena, o parte a mediului său, cel puțin la fel de importantă pe cât e clima, este prada sa, populațiile variabile de gnu, zebre și antilope. Pentru antilope și alte ierbivore care cutreieră preriile în căutarea ierbii, clima poate fi importantă, dar leii, hienele și celelalte carnivore sunt și ele importante. Selecția cumulativă va avea grijă ca animalele să fie bine adaptate pentru a scăpa de prădători sau pentru a-și înșela prada, la fel cum are grijă ca ele să fie bine adaptate la condițiile climatice predominante. Și, la fel cum fluctuațiile pe termen lung ale climei sunt „urmate" de evoluție, schimbările pe termen lung în obiceiurile și arsenalele prădătorilor vor fi „urmate" de schimbările evolutive ale prăzii lor. Și invers, bineînțeles.

Putem folosi termenul generic de „inamici" ai unei specii pentru a desemna toate celelalte ființe care îi fac viața grea. Leii sunt inamicii zebrelor. Ar putea părea puțin deplasat să răsturnăm afirmația spunând că „zebrele sunt inamicii leilor". Rolul zebrei în această relație pare prea inocent și nepotrivit pentru a folosi cuvântul „inamic". Dar fiecare zebră face tot ce îi stă în putință pentru a nu fi mâncată de lei, iar din punctul de vedere al leilor asta le îngreunează lor viața. Dacă zebrele și alte ierbivore ar reuși să-și atingă scopul, leii ar muri de foame. Deci, conform definiției noastre, zebrele sunt inamicii leilor. Paraziții, de pildă teniile, sunt inamicii gazdelor lor, iar gazdele sunt inamicii paraziților, deoarece ele tind

să-şi ia măsuri pentru a le rezista. Ierbivorele sunt inamicii plantelor, iar plantele sunt inamicii ierbivorelor în măsura în care produc ghimpi, otrăvuri sau substanţe chimice cu gust neplăcut.

În cursul evoluţiei, filiaţiile de animale şi plante vor „urma" schimbările inamicilor lor nu mai puţin asiduu decât vor urma schimbările pe termen lung ale condiţiilor de climă. Îmbunătăţirile evolutive în arsenalul şi tactica ghepardului sunt, din punctul de vedere al gazelelor, la fel ca o înrăutăţire constantă a climei şi sunt „urmate" într-un mod asemănător. Există totuşi o diferenţă extrem de importantă între cele două. Clima se modifică de-a lungul secolelor, dar *nu* se modifică neapărat într-un sens defavorabil. Nu urmăreşte să „înşface" gazele. Ghepardul se va modifica de-a lungul secolelor, aşa cum se modifică în medie cantitatea anuală de precipitaţii. Dar, în timp ce cantitatea de precipitaţii creşte şi scade aleator, fără un scop anume, odată cu trecerea secolelor, ghepardul va tinde să devină tot *mai bine* echipat şi mai pregătit pentru a vâna gazele decât strămoşii lui. Aceasta se întâmplă deoarece succesiunea gheparzilor, spre deosebire de succesiunea condiţiilor climatice anuale, este ea însăşi supusă selecţiei cumulative. Gheparzii vor tinde să devină mai rapizi în alergare, mai ageri în privire şi cu dinţi mai ascuţiţi. Oricât de „ostile" ar părea clima şi alte condiţii neînsufleţite, ele nu au neapărat tendinţa de a deveni tot mai ostile. Inamicii vii, priviţi la scara de timp a evoluţiei, au exact această tendinţă.

Tendinţa carnivorelor de a deveni tot mai „bune" s-ar vlăgui în timp, aşa cum e cazul cursei înarmărilor la oameni (din motive legate de costul economic, despre care vom vorbi mai târziu), dacă n-ar exista tendinţa paralelă a prăzii. Şi viceversa. Gazelele, nu mai puţin decât gheparzii, sunt supuse selecţiei naturale cumulative, iar ele vor tinde la rândul lor, de-a lungul generaţiilor, să alerge mai iute, să reacţioneze mai rapid, să devină invizibile confundându-se cu iarba înaltă. Şi ele sunt capabile să evolueze pentru a deveni inamici mai buni, în cazul acesta inamicii gheparzilor. Din punctul de vedere al gheparzilor, temperatura medie anuală nu devine sistematic mai bună sau mai rea de-a lungul anilor, lăsând

la o parte faptul că, pentru un animal bine adaptat, orice schimbare e o schimbare în rău. Dar gazela medie anuală tinde să devină sistematic mai „rea" – mai greu de prins fiindcă e mai bine adaptată pentru a scăpa de gheparzi. De asemenea, tendința către îmbunătățirea treptată a gazelelor s-ar opri dacă nu ar exista tendința paralelă de îmbunătățire prezentă la inamicii lor. O parte progresează puțin pentru că și cealaltă o face. Și viceversa. Progresul intră într-o spirală a cursei înarmărilor la o scară a timpului de sute de mii de ani.

În lumea națiunilor, la scara lor de timp mai mică, atunci când doi inamici își îmbunătățesc treptat arsenalul ca răspuns la îmbunătățirile celeilalte părți, vorbim despre „cursa înarmărilor". Asemănarea cu situația din biologie e suficient de mare pentru a justifica împrumutul termenului și nu îmi cer scuze față de colegii mei pedanți care vor să elimine din limbajul nostru asemenea imagini edificatoare. Am prezentat această idee aici folosindu-mă de un exemplu simplu, cel al gazelelor și gheparzilor. Am făcut-o pentru a sublinia diferența importantă între un inamic viu, el însuși supus schimbărilor evolutive, și o condiție neînsufletită lipsită de rele intenții cum e clima, care e supusă schimbărilor, dar nu schimbărilor sistematice, evolutive. E momentul să recunosc că, în eforturile mele de a lămuri cititorului acest aspect, s-ar putea să-l fi condus pe o pistă falsă. Este evident că imaginea unei curse a înarmărilor de neoprit e prea simplă, cel puțin într-o privință. Să considerăm viteza de alergare. Așa cum a fost prezentată aici, ideea de cursă a înarmărilor pare să sugereze că gheparzii și gazelele ar fi trebuit să ajungă, după atâtea generații, la viteze supersonice. Lucrul acesta nu s-a întâmplat și nu se va întâmpla niciodată. Înainte de a ne întoarce la discuția privind cursa înarmărilor, e de datoria mea să risipesc neînțelegerile.

Primul amendament e următorul. Am lăsat să se înțeleagă că atât aptitudinile de prădători ale gheparzilor, cât și aptitudinile gazelelor de a scăpa de prădători urmează un curs constant ascendent. Cititorii ar putea rămâne de aici cu o idee victoriană de progres inevitabil, fiecare generație fiind mai bună, mai frumoasă și mai

curajoasă decât generația precedentă. Realitatea din natură n-are nici o legătură cu asta. Scara de timp la care ar putea fi detectate îmbunătățiri semnificative e probabil mult prea mare pentru a compara o generație cu cea precedentă. În plus, „îmbunătățirea" nu e nici pe departe continuă. Ea nu „avansează" ferm în direcția sugerată de ideea cursei înarmărilor, ci urmează un curs neregulat, stagnând sau uneori chiar „regresând". Modificări ale condițiilor, modificări ale forțelor neînsufletite pe care le-am reunit sub numele generic de „climă", e probabil să facă imposibil de detectat direct tendințele lente și schimbătoare ale cursei înarmărilor. Pot exista lungi intervale de timp în care să nu aibă loc nici un „progres" în cursa înarmărilor, și poate chiar nici o transformare evolutivă. Uneori cursele înarmărilor duc la extincție, iar apoi o nouă cursă a înarmărilor poate începe de la zero. Dar, toate acestea fiind spuse, ideea cursei înarmărilor rămâne de departe cea mai mulțumitoare explicație pentru existența acelei mașinării complexe și avansate pe care o posedă animalele și plantele. „Îmbunătățirea" treptată de genul celei sugerate de imaginea cursei înarmărilor își urmează cursul, chiar dacă o face spasmodic și discontinuu și chiar dacă ritmul net cu care avansează e prea lent pentru a fi detectată într-o viață de om sau în intervalele de timp consemnate de istorie.

Al doilea amendament este că relația dintre ceea eu numesc „inamici" e mult mai complicată decât simpla relație bilaterală sugerată de poveștile cu gheparzi și gazele. O complicație este aceea că o specie dată poate avea doi (sau mai mulți) inamici care să se afle între ei într-un raport de dușmănie și mai aprig. Acesta e principiul care stă în spatele afirmației pe jumătate adevărate că iarba are de câștigat de pe urma faptului că e păscută (sau cosită). Vitele mănâncă iarba, deci pot fi privite ca inamici ai ierbii. Dar ierburile au și alți inamici în lumea plantelor, buruienile concurente, care, dacă sunt lăsate să crească în voie, pot deveni inamici mai aprigi ai ierburilor decât vitele. Ierburile suferă întru câtva pentru că sunt mâncate de vite, însă buruienile concurente suferă și mai mult. De aceea efectul net al vitelor pe o pășune este că

ierburile au de câștigat. În acest sens, vitele se dovedesc a fi mai curând prieteni ai ierburilor decât inamici.

Vitele sunt însă inamici ai ierbii în sensul că *rămâne* adevărat faptul că pentru o plantă de iarbă individuală e mai bine să nu fie mâncată de o vacă decât să fie mâncată, iar orice plantă mutantă care posedă, de pildă, o armă chimică în stare s-o protejeze împotriva vacilor ar produce mai multe seminţe (conţinând instrucţiuni genetice pentru producerea armei chimice) decât membrele rivale ale propriei sale specii care sunt mai gustoase pentru vaci. Chiar dacă într-un anume sens vitele sunt „prietenii" ierburilor, selecția naturală *nu* favorizează plantele de iarbă individuale care sunt mâncate de vite. Concluzia generală a acestui paragraf e următoarea: chiar dacă e convenabil să ne gândim la o cursă a înarmărilor între două filiații cum sunt vitele și iarba sau gazelele și gheparzii, nu trebuie scăpat din vedere faptul că ambii participanți au și alți inamici cu care se află simultan angajați în alte curse ale înarmărilor. N-am să insist asupra acestui aspect, dar aici se poate afla una dintre explicațiile faptului că anumite curse ale înarmărilor ajung să se stabilizeze și nu continuă la nesfârșit – nu conduc la prădători care își urmăresc prada cu viteze supersonice.

Al treilea „amendament" la versiunea simplă a cursei înarmărilor nu e atât un amendament, cât o observație interesantă de sine stătătoare. În discuția mea ipotetică despre gheparzi și gazele, am spus că gheparzii, spre deosebire de climă, au tendința ca, odată cu trecerea generațiilor, să devină „vânători mai buni", inamici mai aprigi, mai bine echipați pentru a ucide gazele. Dar asta nu înseamnă că ei au mai mult *succes* în uciderea gazelelor. Esența ideii de cursă a înarmărilor este că ambele părți se perfecționează din punctul lor de vedere, făcând în același timp viața mai grea pentru cealaltă parte în cursa înarmărilor. Nu avem nici un motiv (cel puțin din câte am văzut până acum) să ne așteptăm ca vreuna din părți să aibă în mod clar mai mult sau mai puțin succes decât cealaltă. De fapt, ideea de cursă a înarmărilor în forma ei cea mai pură sugerează că nu ar trebui să existe absolut nici un progres în *rata de succes* a celor două părți implicate, deși există un progres

evident în *echipamentul* cu care cele două părți sunt dotate pentru a avea succes. Prădătorii devin mai bine echipați pentru a ucide, dar în același timp prada devine mai bine echipată pentru a evita să fie ucisă, așa încât rezultatul net nu produce vreo schimbare în rata uciderilor.

De aici rezultă că, dacă prin mijlocirea unei mașini a timpului prădătorii dintr-o epocă s-ar putea întâlni cu prada din altă epocă, animale mai „moderne", fie ele prădători sau pradă, le-ar surclasa pe cele mai vechi. Nu e un experiment care să poată fi făcut vreodată, deși unii zoologi presupun că anumite faune îndepărtate și izolate, cum sunt cele din Australia și Madagascar, pot fi considerate străvechi, iar o excursie în Australia e ca o călătorie înapoi în timp. Ei cred că speciile autohtone australiene au dispărut în general din cauza unor competitori sau inamici superiori veniți din afară, pentru că speciile autohtone sunt modele mai „vechi", „demodate", aflându-se în același raport față de speciile invadatoare ca o corabie din lutlanda care ar trebui să înfrunte un submarin nuclear. Dar presupunerea că Australia are o faună de „fosile vii" e greu de justificat. Probabil că se pot aduce argumente în sprijinul acestei teze, însă ele nu sunt prea solide. Mi-e teamă că nu-i decât echivalentul zoologic al snobismului șovin, analog tendinței de a vedea în orice australian un tâlhar necioplit care nu ascunde mare lucru sub pălărie.

Principiul conform căruia *rata* de succes nu se modifică, indiferent cât de mare e progresul evolutiv al echipamentului, a fost numit de biologul american Leigh van Valen „Efectul Reginei Roșii". Vă amintiți că Regina Roșie din *Alice în țara oglinzilor* o ia pe Alice de mână și o trage tot mai repede și mai repede într-o goană nebună, dar, oricât de repede alergau, rămâneau mereu pe loc. Alice e pe bună dreptate uimită și îi spune: „În țara *noastră*, de obicei ajungi în altă parte dacă alergi foarte repede un timp atât de lung." „Înceată țară!", îi răspunde regina. „După cum vezi, *aici* trebuie să alergi cât de repede poți ca să rămâi pe loc. Dacă vrei să ajungi în altă parte, trebuie să alergi cel puțin de două ori mai repede."

Comparația cu Regina Roșie e nostimă, dar poate fi derutantă dacă îi conferim (cum se întâmplă uneori) un sens matematic precis: progres relativ strict egal cu zero. O altă trăsătură derutantă e aceea că în povestea lui Alice afirmația Reginei Roșii e într-adevăr paradoxală, ireconciliabilă cu intuiția noastră privind tot ce se întâmplă în lumea fizică reală. Efectul evolutiv al Reginei Roșii despre care vorbește van Valen nu e însă deloc paradoxal. Este în perfect acord cu intuiția noastră, atâta timp cât o folosim în mod inteligent. Dar, chiar dacă nu e paradoxală, cursa înarmărilor dă naștere unor situații în care judecata noastră economică ar descoperi cu uimire risipa.

De ce sunt, de pildă, copacii din păduri atât de înalți? Răspunsul cel mai scurt e că toți ceilalți copaci sunt înalți, așa încât nici un alt copac nu-și poate permite să nu fie înalt. Ar fi umbrit de ceilalți. E adevărat, dar asta ne insultă simțul economic. Pare inutil, pare o risipă. Când toți copacii ajung la înălțimea maximă, cu toții sunt cam în aceeași măsură expuși la soare, iar nici unul nu își permite să fie mai scund. Cu excepția cazului în care ar fi *cu toții* mai scunzi; dacă ar exista un fel de înțelegere sindicală pentru a scădea înălțimea pădurii, atunci *toți* copacii ar avea de câștigat. Copacii s-ar afla în competiție între ei pentru exact aceeași lumină solară, dar „cheltuielile" pentru a ajunge la acea înălțime ar fi mult mai mici. Ar avea de câștigat întreaga economie a pădurii și fiecare copac în parte. Din păcate, selecției naturale nu-i pasă de economii globale și nu admite sindicate și înțelegeri. A existat o cursă a înarmărilor în care copacii din pădure au devenit tot mai înalți cu trecerea generațiilor. În nici o etapă a cursei înarmărilor nu a existat vreun beneficiu intrinsec de a fi înalt doar de dragul de a fi înalt. În fiecare etapă a cursei înarmărilor singurul motiv de a fi înalt a fost acela de a fi *mai* înalt decât copacii învecinați.

Pe măsura desfășurării cursei înarmărilor, înălțimea medie a copacilor din pădure a crescut. Dar avantajul pe care copacii l-au obținut din faptul de a fi înalți n-a crescut. De fapt, el a scăzut din cauza cheltuielilor sporite alocate pentru creștere. Generații succesive de copaci au devenit tot mai înalte, dar la urma urmei poate

că ar fi fost mai bine dacă ar fi rămas ca la început. Aici apare legătura cu Alice și Regina Roșie, numai că în cazul copacilor nu e vorba chiar de un paradox. E o caracteristică generală a cursei înarmărilor, inclusiv la oameni, că, deși toate ar merge mai bine dacă *nimeni* nu ar intra în cursă, atâta vreme cât unul o face nimeni nu-și poate permite să n-o facă. Trebuie să subliniez din nou că povestea pe care am spus-o e prea simplă. N-aș vrea să se înțeleagă de aici că absolut fiecare generație de copaci e mai înaltă decât precedenta, și nici că e neapărat necesar să continue la nesfârșit cursa înarmărilor.

Exemplul copacilor ilustrează și o altă idee: cursa înarmărilor nu implică neapărat specii diferite. Un copac e la fel de probabil să fie umbrit de membrii speciei sale ca și de membrii altor specii. Pesemne că toate organismele sunt mai grav amenințate de competiția cu propria specie decât de competiția cu alte specii. Membrii propriei specii concurează pentru aceleași resurse în mult mai mare măsură decât membrii altor specii. În cadrul speciilor există de asemenea o cursă a înarmărilor între rolul de mascul și cel de femelă sau între rolul de părinte și cel de progenitură. Am vorbit despre acestea în *Gena egoistă* și nu am să mai insist aici.

Povestea legată de copaci îmi dă ocazia să prezint o deosebire generală între două tipuri de cursă a înarmărilor, cea simetrică și cea asimetrică. Cursa simetrică a înarmărilor are loc între competitori care încearcă să facă aproximativ același lucru. Cursa înarmărilor între copacii din pădure care se luptă să ajungă la lumină e un exemplu. Diferitele specii de copaci nu își duc viața exact la fel, dar în competiția despre care vorbim – competiția pentru lumina soarelui – concurează pentru aceeași resursă. Ei participă la o cursă a înarmărilor în care succesul unei părți înseamnă eșec pentru cealaltă parte. E o cursă simetrică a înarmărilor fiindcă natura succesului și eșecului celor două părți e aceeași: obținerea luminii solare și respectiv rămânerea în umbră.

Cursa înarmărilor dintre gheparzi și gazele e însă una asimetrică. E o veritabilă cursă a înarmărilor în care succesul unei părți înseamnă eșecul celeilalte părți, dar natura succesului și eșecului

celor două părți diferă mult. Cele două părți „încearcă" să facă lucruri foarte diferite. Gheparzii încearcă să mănânce gazele. Gazelele nu încearcă să mănânce gheparzi, ele încearcă să evite să fie mâncate de gheparzi. Din perspectivă evoluționistă, o cursă asimetrică a înarmărilor e mai interesantă fiindcă e mai probabil să genereze sisteme complexe de armament. Putem vedea acest lucru în cazul tehnologiei armamentului uman.

Aș putea da SUA și URSS ca exemple, dar nu e nevoie să pomenesc numele unor state. Armeleproduse de companiile din orice țară industrială avansată pot fi cumpărate de diferite țări. Existența unei arme ofensive de succes, cum e racheta Exocet, tinde să „invite" la inventarea unui antidot eficient, de pildă a unui dispozitiv de bruiaj radio care să „deruteze" sistemul de control al rachetei. Antidotul e mai probabil să fie produs nu de o țară inamică, ci chiar de aceeași țară, eventualde aceeași companie! La urma urmei, nici o companie nu e mai bine echipată ca să proiecteze un dispozitiv de bruiaj pentru un anume tip de rachetă decât compania care a produs racheta. Nu e exclus ca aceeași companie să le producă pe amândouă și să le vândă unor țări aflate în război. Sunt destul de cinic pentru a bănui că lucrul ăsta chiar se întâmplă, iar el ilustrează ideea că *echipamentul* se perfecționează, în timp ce *eficacitatea* lui netă rămâne aceeași (și costurile cresc).

Din perspectiva lucrurilor pe care le prezint aici nu contează dacă producătorii care înarmează cele două părți aflate în conflict sunt inamici sau e vorba despre unul și același producător. Ceea ce contează e că, indiferent cine le produce, dispozitivele ca atare sunt inamici în sensul definit în acest capitol. Racheta și dispozitivul de bruiaj sunt inamici în sensul că succesul unuia e sinonim cu eșecul celuilalt. E irelevant dacă și proiectanții lor sunt inamici, deși ar fi probabil mai simplu să presupunem că sunt.

Am analizat deocamdată exemplul rachetei și antidotului ei specific fără a sublinia aspectul evolutiv, progresiv, care la urma urmei e motivul principal de a-l aduce aici în discuție. Nu numai că proiectul actual al unei rachete stimulează sau atrage după sine producerea unui antidot pe măsură, de pildă un dispozitiv de bruiaj

radio. La rândul lui, dispozitivul antirachetă invită la o îmbunătățire în proiectarea rachetelor, îmbunătățire menită să contracareze antidotul, un dispozitiv anti-antirachetă. E ca și cum orice îmbunătățire a rachetei ar stimula următoarea îmbunătățire a *ei înseși*, prin efectul ei asupra antidotului. Îmbunătățirea echipamentului se autoîntreține. Aceasta e rețeta pentru o evoluție explozivă.

După câțiva ani de competiție invenție-contrainvenție, versiunea rachetei și cea a antidotului vor ajunge la un nivel foarte înalt de sofisticare. În același timp însă – și aici apare din nou efectul Reginei Roșii – nu există nici un motiv de ordin general să ne așteptăm ca una din părți să aibă mai mult succes în atingerea obiectivului decât avea la începutul cursei înarmărilor. Tocmai pentru că atât racheta, cât și antidotul s-au îmbunătățit în același ritm ne putem aștepta ca versiunile lor cele mai recente, mai avansate și mai sofisticate să aibă exact același succes împotriva contradispozitivului lor contemporan ca și versiunile cele mai primitive și mai simple. S-au făcut progrese în proiectare, dar nici un progres în atingerea scopului, tocmai fiindcă progresele în proiectare de ambele părți au fost egale. Într-adevăr, tocmai *fiindcă* s-au făcut progrese aproximativ egale de ambele părți a progresat atât de mult nivelul de sofisticare al proiectului. Dacă una dintre părți, de pildă dispozitivul antirachetă, ar fi luat-o cu mult înaintea celeilalte în competiția proiectelor, cealaltă parte, racheta în acest caz, ar fi încetat pur și simplu să mai fie folosită și produsă: ar fi ajuns la „extincție". Departe de a fi paradoxal, cum e exemplul originar al lui Alice, în contextul cursei înarmărilor efectul Reginei Roșii se dovedește a fi esențial pentru ideea de progres treptat.

Am spus că e mai probabil să se ajungă la îmbunătățiri treptate interesante prin cursa asimetrică a înarmărilor decât prin cea simetrică, iar acum putem vedea și de ce, folosindu-ne de exemplul arsenalelor umane. Dacă o țară posedă o bombă de 2 megatone, țara inamică va construi una de 5 megatone. Aceasta va face ca prima țară să construiască o bombă de 10 megatone, iar, la rândul ei, a doua țară va construi una de 20 de megatone și așa mai departe. Aceasta e o veritabilă cursă progresivă a înarmărilor: fiecare

progres al unei părți provoacă un progres al celeilalte părți, iar rezultatul e o creștere continuă a unui anume atribut odată cu trecerea timpului – în acest caz puterea explozivă a bombelor. Dar nu există nici o corespondență biunivocă detaliată între proiecte într-o asemenea cursă simetrică a înarmărilor, nici o „cuplare" sau „angrenare" a detaliilor proiectului cum există într-o cursă asimetrică a înarmărilor ca aceea între rachetă și dispozitivul de bruiaj antirachetă. Dispozitivul de bruiaj e proiectat anume pentru a contracara caracteristici specifice ale rachetei; proiectantul antidotului ține cont de detalii fine ale proiectului rachetei. Apoi, în proiectarea unei replici la antidot, proiectantul următoarei generații de rachete își folosește cunoștințele privind proiectul detaliat al antidotului din generația precedentă. Acest lucru nu e valabil pentru bombele al căror megatonaj crește continuu. Desigur, proiectanții dintr-o țară pot pirata ideile bune, pot mima caracteristicile proiectului părții adverse. Dar, chiar dacă se întâmplă, acest lucru e accidental. Nu e *neapărat necesar* ca o parte din proiectul unei bombe rusești să se afle într-o corespondență biunivocă precisă cu detalii ale unei bombe americane. În cazul unei curse asimetrice a înarmărilor, între o filiație a armelor și antidoturile specifice la aceste arme există acea corespondență biunivocă ce face ca, în cursul „generațiilor" succesive, să se ajungă la un grad tot mai mare de sofisticare și complexitate.

Ar trebui să ne așteptăm să găsim și în lumea vie proiecte complexe și sofisticate de fiecare dată când avem de-a face cu proiecte rezultate dintr-o îndelungată cursă asimetrică a înarmărilor, în care progresele obținute de o parte trebuie să se afle mereu într-o corespodență biunivocă cu *antidoturi* la fel de izbutite ale părții adverse. Acesta e un adevăr frapant în cazul cursei înarmărilor dintre prădători și pradă, și poate încă mai frapant în cazul paraziților și gazdelor. Arsenalele electronice și acustice ale liliecilor despre care am vorbit în capitolul 2 au toate complexitatea fin reglată pe care o așteptăm de la niște rezultate ale unei îndelungate curse a înarmărilor. Nu e de mirare că putem vedea aceeași cursă a înarmărilor de cealaltă parte. Insectele vânate de lilieci au un echipament

electronic şi acustic comparabil. Unii fluturi de noapte emit chiar ultrasunete de genul celor emise de lilieci, care îi îndepărtează pe aceştia. Aproape toate animalele se află fie în pericolul de a fi mâncate de alte animale, fie în pericolul de a nu reuşi să mănânce alte animale, iar numărul imens de date amănunţite privind animalele capătă sens doar dacă ne amintim că ele sunt rezultatele unor îndelungate şi înverşunate curse ale înarmărilor. H.B. Cott, autorul cărţii clasice *Coloraţia animalelor*, a observat bine acest lucru în 1940, în ceea ce ar putea fi prima utilizare a ideii de cursă a înarmărilor în biologie:

> Înainte de a afirma că înfăţişarea menită să inducă în eroare a unei lăcuste sau a unui fluture e detaliată în mod inutil, trebuie să cercetăm care sunt capacităţile de percepţie şi discriminare ale inamicilor naturali ai insectelor. Dacă n-o facem, e ca şi cum am afirma că blindajul unei nave de război e prea greu sau că tunurile ei bat prea departe, fără să cercetăm natura şi eficacitatea armamentului inamic. Adevărul e că în luptele primitive din junglă, ca şi în rafinamentele războaielor civilizate, vedem cum se desfăşoară o mare cursă evolutivă a înarmărilor - ale cărei rezultate, în privinţa apărării, se manifestă prin trucuri cum sunt viteza, agerimea, armura, atributul de a avea spini, împrumutul unor obiceiuri, obiceiurile nocturne, secreţiile otrăvitoare, gustul neplăcut şi [camuflajul şi alte tipuri de coloraţii protectoare]; iar, în privinţa atacului, prin contra-atribute cum sunt viteza, surpriza, pânda, ademenirea, acuitatea vizuală, ghearele, colţii, acele, dinţii veninoşi şi [momelile]. După cum viteza sporită a urmăritorului s-a dezvoltat în relaţie cu viteza sporită a urmăritului sau armura defensivă în relaţie cu armele ofensive, la fel şi trucurile de mascare au evoluat ca răspuns la capacităţi tot mai bune de percepţie.

Cursa înarmărilor din tehnologia umană e mai uşor de studiat decât echivalentul ei biologic fiindcă e mult mai rapidă. O putem chiar vedea cum se desfăşoară, an de an. Pe de altă parte, în cazul cursei înarmărilor din biologie vedem de regulă doar rezultatul final. Foarte rar găsim fosile de animale sau plante, iar atunci e uneori posibil să vedem ceva mai direct etapele succesive din cursa înarmărilor la animale. Unul dintre cele mai interesante exemple în această privinţă se referă la cursa electronică a înarmărilor vizibilă în dimensiunile creierului la fosilele animale.

Creierele ca atare nu se pot fosiliza, dar craniile da, iar cavitatea care a adăpostit creierul – cutia craniană –, dacă e interpretată cu atenție, poate oferi indicii asupra dimensiunii creierului. Am spus „dacă e interpretată cu atenție", iar această condiție e importantă. Printre numeroasele dificultăți se află și următoarea. Animalele mari au tendința să aibă creiere mari în parte pur și simplu fiindcă ele sunt mari, dar asta nu înseamnă neapărat că sunt „mai deștepte". Elefanții au creiere mai mari decât oamenii, dar, probabil pe bună dreptate, ne place să credem că suntem mai deștepți decât elefanții și că „în realitate" creierele noastre sunt mai mari dacă ținem cont de faptul că noi suntem animale mult mai mici. Creierele noastre ocupă fără îndoială o *proporție* mult mai mare din corp decât se întâmplă la elefanți, după cum se vede din forma bulbucată a craniilor noastre. La mijloc nu e doar orgoliul speciei noastre. Probabil că o mare parte din orice creier e destinată să efectueze operațiuni de rutină legate de tot ce se întâmplă prin corp, iar un corp mare are automat nevoie de un creier mare pentru asta. Trebuie să găsim o modalitate de a „elimina" din calculele noastre acea fracțiune a creierului care poate fi atribuită pur și simplu dimensiunilor corpului, pentru a folosi ce rămâne ca pe o măsură corectă a „inteligenței" animalelor. E un alt fel de-a spune că avem nevoie de o definiție valabilă pentru ceea ce înțelegem prin adevărata inteligență. Fiecare e liber să ia în calcul ce metodă vrea, dar probabil că indicele cel mai larg folosit este „coeficientul de encefalizare" sau EQ folosit de Harry Jerison, un specialist american de frunte în istoria creierului.

De fapt, EQ-ul se calculează într-un mod destul de complicat, luând logaritmul raportului dintre greutatea creierului și cea a corpului și normându-l la media sa pentru un grup mare cum e ansamblul mamiferelor. La fel cum coeficientul de inteligență (IQ), folosit (uneori greșit) de psihologi, e normat la media pentru o întreagă populație, EQ-ul e normat, de pildă, la întreaga populație a mamiferelor. La fel cum un IQ de 100 înseamnă prin definiție un IQ identic cu media pentru întreaga populație, un EQ de 1 înseamnă prin definiție un EQ identic de pildă cu media pentru mamiferele

având acea dimensiune. N-am să intru în detaliile matematice ale metodei. Simplu spus, EQ-ul unei specii date, cum e rinocerul sau pisica, măsoară cu cât e mai mare (sau mai mic) creierul animalului față de cât ar fi *probabil* să fie cunoscându-i dimensiunile corpului. Modul de calcul al acestei valori probabile e discutabil și criticabil. Faptul că oamenii au un EQ de 7, iar hipopotamii un EQ de 0,3 nu înseamnă neapărat că oamenii sunt de 23 de ori mai deștepți decât hipopotamii! Dar EQ-ul spune pesemne *ceva* despre câtă „putere de calcul" are un animal în capul lui în plus față de puterea de calcul minimă, ireductibilă, necesară funcționării curente a corpului său, mare sau mic.

Valorile măsurate ale EQ-ului printre mamiferele moderne se întind pe un spectru larg. Șobolanii au un EQ de aproximativ 0,8, ușor sub media tuturor mamiferelor. Veverițele se află ceva mai sus, la aproximativ 1,5. Probabil că lumea tridimensională a copacilor necesită o putere de calcul suplimentară pentru a controla precizia salturilor, și încă mai mult pentru găsirea drumurilor eficiente prin labirintul de ramuri care pot sau nu să ducă mai departe. Maimuțele sunt mult peste medie, iar primatele (mai ales oamenii) se află și mai sus. Printre maimuțe se dovedește că unele au un EQ mai ridicat decât altele și că, fapt interesant, acest lucru e legat de felul în care își duc viața: maimuțele care mănâncă insecte și fructe au creiere mai mari, în raport cu dimensiunea lor, decât maimuțele care mănâncă frunze. Pare de înțeles faptul că un animal are nevoie de mai puțină putere de calcul pentru a găsi frunze, care se află pretutindeni, decât pentru a găsi fructe, care trebuie căutate, sau pentru a găsi insecte, care nu se lasă prinse. Din păcate, lucrurile sunt mult mai complicate, iar celelalte variabile, de pildă ritmul metabolismului, pot fi mai importante. Între mamifere luate în ansamblul lor, carnivorele au de regulă un EQ mai ridicat decât ierbivorele pe care le vânează. Cititorului îi vor veni probabil în minte unele idei care să explice acest lucru, dar asemenea idei sunt greu de testat. Oricare ar fi însă motivul, pare să fie un fapt real.

Ne oprim aici cu animalele moderne. Jerison a reconstituit EQ-urile probabile ale animalelor dispărute care există acum doar sub formă de fosile. El a estimat dimensiunea creierului făcând mulaje de ghips ale interiorului cutiei craniene. Au intervenit multe ipoteze și aproximări, dar marja de eroare nu e atât de mare pentru a anula întreaga întreprindere. Precizia metodei mulajelor poate fi la urma urmei verificată pe animale moderne. Ne prefacem că un craniu uscat e tot ce ne-a rămas de la un animal modern, facem un mulaj de ghips pentru a estima cât de mare e creierul și apoi facem comparația cu un creier real pentru a vedea cât de precisă a fost estimarea noastră. Aceste verificări cu cranii moderne dau credibilitate estimărilor pe care Jerison le-a făcut privind creierele speciilor dispărute. Concluzia lui a fost, întâi de toate, că există o tendință de creștere a creierelor în cursul milioanelor de ani. În orice moment al evoluției, ierbivorele tind să aibă creiere mai mici decât carnivorele contemporane care le vânează. Dar ierbivorele ulterioare tind să aibă creiere mai mari decât ierbivorele anterioare, ceea ce e valabil și pentru carnivore. S-ar părea că avem de-a face, în cazul fosilelor, cu o cursă a înarmărilor, sau mai curând cu o serie de curse ale înarmărilor care se reiau de la zero, între carnivore și ierbivore. Comparația cu ceea ce se întâmplă în cursa înarmărilor la oameni e cât se poate de elocventă: creierul e calculatorul de bord atât la carnivore, cât și la ierbivore, iar electronica e probabil elementul cel mai dinamic în tehnologia militară din zilele noastre.

Cum sfârșesc cursele înarmărilor? Uneori se încheie cu dispariția unei părți, caz în care cealaltă parte încetează probabil să evolueze în acea direcție în care avansase, ba chiar „regresează", din motive economice pe care le vom prezenta mai jos. Alteori, presiunile economice pot impune oprirea cursei înarmărilor la un nivel stabil – stabil chiar dacă o parte se află într-un anume sens mereu în avans. Să considerăm, de pildă, viteza de alergare. Trebuie să existe o limită absolută a vitezei cu care gheparzii sau gazelele pot alerga, limită impusă de legile fizicii. Dar nici gheparzii, nici gazelele nu au atins această limită. Ambele specii au ajuns la o

limită mai joasă care, cred eu, e de natură economică. Tehnologia vitezelor mari e scumpă. Necesită oase lungi la picioare, mușchi puternici, plămâni mari. Orice animal care are într-adevăr nevoie să alerge rapid poate căpăta aceste lucruri, dar ele trebuie *cumpărate*. Ele sunt cumpărate la un preț tot mai ridicat. Prețul se măsoară prin ceea ce economiștii numesc „costul oportunității". Costul oportunității unui lucru e suma tuturor celorlalte lucruri la care a trebuit să renunți pentru a avea acel lucru. Costul trimiterii unui copil la o școală particulară, cu taxă, e suma tuturor lucrurilor pe care, drept consecință, nu-ți mai poți permite să le cumperi: mașina nouă pe care nu ți-o mai poți permite, vacanțele pe care nu ți le mai poți permite etc. (dacă ești atât de bogat încât să-ți permiți toate acestea fără efort, atunci costul oportunității pentru trimiterea copilului la o școală privată nu înseamnă aproape nimic). Pentru un ghepard, prețul plătit pentru a avea mușchi mai puternici la picioare reprezintă toate celelalte lucruri pe care ghepardul *le-ar fi putut face* cu materialele și energia folosite pentru dezvoltarea mușchilor la picioare, de pildă să producă mai mult lapte pentru puii săi.

Evident, gheparzii nu fac calcule contabile în cap! Totul e făcut automat de selecția naturală. Un ghepard rival care nu are picioare atât de musculoase s-ar putea să nu alerge chiar la fel de repede, dar își economisește resursele pentru a produce mai mult lapte și astfel poate crește încă un pui. Mai mulți pui vor fi crescuți de gheparzii ale căror gene le oferă compromisul optim între viteza de alergare, producția de lapte și celelalte nevoi din bugetul lor. Nu e evident care e compromisul optim între, de pildă, producția de lapte și viteza de alergare. El va fi cu siguranță diferit de la specie la specie și poate fluctua în cadrul fiecărei specii. Tot ce e sigur e că asemenea compromisuri sunt inevitabile. Când atât gheparzii, cât și gazelele ajung la viteza maximă de alergare pe care și-o pot „permite", cursa înarmărilor ia sfârșit.

Punctele în care se oprește fiecare din rațiuni economice pot fi diferite. Prada poate sfârși prin a cheltui mai mult din bugetul ei pentru armamentul defensiv decât cheltuiesc prădătorii pentru armamentul ofensiv. Motivul e rezumat de morala esopică: iepurele

aleargă mai iute decât vulpea, fiindcă iepurele aleargă pentru viața lui, în timp ce vulpea aleargă numai pentru cina ei. În termeni economici, aceasta înseamnă că vulpile care își folosesc resursele și în alte proiecte o duc mai bine decât vulpile care își cheltuiesc practic toate resursele în tehnica vânătorii. Pe de altă parte, în populația iepurilor balanța avantajului economic înclină către iepurii care investesc mult în echipamentul necesar alergării rapide. Consecința acestor bugete echilibrate economic *în cadrul* speciilor e aceea că cursele înarmărilor *dintre* specii tind să ajungă la un final stabil, una dintre părți aflându-se în avantaj.

E puțin probabil să asistăm la desfășurarea unei curse a înarmărilor în dinamica ei, fiindcă e puțin probabil ca ea să aibă loc la un anume „moment" din timpul geologic, cum e de pildă epoca noastră. Dar animalele pe care le vedem acum pot fi interpretate ca rezultate ale unei curse a înarmărilor care a avut loc în trecut.

Pentru a rezuma mesajul acestui capitol, genele sunt selectate nu pentru însușirile lor intrinsece, ci în virtutea interacțiilor cu mediul lor. O componentă deosebit de importantă a mediului unei gene sunt celelalte gene. Motivul general pentru care sunt o componentă atât de importantă ține de faptul că, în cursul generațiilor, celelalte gene se modifică și ele. De aici decurg două tipuri importante de consecințe.

În primul rând, sunt favorizate acele gene care au proprietatea de a „coopera" cu genele pe care e probabil să le întâlnească în împrejurări ce favorizează cooperarea. Acest lucru e valabil în mod special (dar nu exclusiv) pentru genele din cadrul aceleiași specii, deoarece genele unei specii se află adesea în aceleași celule. Aceasta a condus la evoluția unor mari familii de gene cooperante, iar în cele din urmă la evoluția corpurilor înseși ca rezultat al cooperării. Un corp individual e un mare vehicul sau o „mașină pentru supraviețuit" construită de o cooperativă de gene cu scopul de a conserva copiile fiecărui membru al cooperativei. Ele cooperează fiindcă toate se așteaptă să aibă de câștigat de pe urma aceluiași rezultat – supraviețuirea și reproducerea corpului comun – și fiindcă

ele constituie o parte importantă a mediului în care selecția naturală acționează asupra fiecăreia dintre ele.

În al doilea rând, condițiile nu favorizează întotdeauna cooperarea. În marșul lor de-a lungul timpului geologic, genele se întâlnesc între ele în împrejurări care favorizează antagonismul. Acest lucru e valabil în mod special (dar nu exclusiv) pentru genele care aparțin unor specii diferite. Motivul pentru care e vorba de specii diferite ține de faptul că genele lor nu se amestecă – fiindcă membrii diferitelor specii nu se pot încrucișa între ei. Când genele selectate în cadrul unei specii oferă mediul în care genele unei alte specii sunt selectate, rezultatul e deseori o cursă evolutivă a înarmărilor. Fiecare nouă îmbunătățire genetică selectată într-o parte a cursei înarmărilor – de pildă prădătorii – modifică mediul pentru selecția genelor în cealaltă parte a cursei înarmărilor – prada. Acest gen de cursă a înarmărilor e principalul răspunzător pentru caracterul de vizibil *progres* al evoluției, pentru evoluția unor tot mai bune viteze de alergare, aptitudini de zbor, acuități vizuale sau auditive și așa mai departe. Aceste curse ale înarmărilor nu continuă la nesfârșit, ci se stabilizează atunci când, de pildă, îmbunătățiri ulterioare devin prea costisitoare economic pentru animalele individuale.

A fost un capitol dificil, dar a trebuit să-l introduc în carte. Fără el, am fi rămas cu impresia că selecția naturală e doar un proces distructiv, sau în cel mai bun caz unul de „plivire". Am văzut că există două moduri prin care selecția naturală poate fi o forță *constructivă*. Primul se referă la relațiile de cooperare dintre genele aceleiași specii. Presupunerea noastră fundamentală trebuie să fie aceea că genele sunt entități „egoiste" care acționează pentru propria lor propagare în fondul comun de gene al speciei. Dar, din moment ce mediul unei gene e constituit într-o măsură atât de mare din *alte* gene care sunt de asemenea selectate în același fond comun de gene, vor fi favorizate acele gene care pot coopera între ele în cadrul aceluiași fond comun de gene. Acesta e motivul pentru care au evoluat mari ansambluri de celule care acționează coerent în virtutea acelorași scopuri. Acesta e motivul pentru care există

corpuri, şi nu replicatori separaţi aflaţi într-o permanentă luptă care pe care în supa primordială.

Pentru corpuri există o finalitateintegrată şi coerentă, din moment ce genele sunt selectate în mediul oferit de alte gene *din cadrul aceleiaşi specii*. Dar, din moment ce genele sunt de asemenea selectate în mediul oferit de alte gene aparţinând unor *specii diferite*, apar curse ale înarmărilor. Iar cursele înarmărilor reprezintă cealaltă mare forţă care propulsează evoluţia către ceea ce numim „progres" şi „proiect" complex. Cursele înarmărilor au un caracter inerent instabil. Ele gonesc spre viitor într-un fel care ni se pare pe de o parte lipsit de sens şi inutil, dar pe de altă parte ascendent şi fascinant. Următorul capitol se va opri asupra unui caz aparte de evoluţie explozivă, cazul numit de Darwin selecţia sexuală.

CAPITOLUL 8

Explozii și spirale

Mintea umană are pornirea irepresibilă de a face analogii. Suntem îndemnați să dăm o semnificație ușoarelor asemănări între procese foarte diferite. Am petrecut aproape o zi întreagă în Panama privind cum două imense colonii de furnici *Atta* (tăietoare de frunze) se luptau între ele, iar mintea mea nu s-a putut abține să compare câmpul de bătălie plin de membre smulse cu imaginile luptei de la Passchendaele*. Aproape că puteam auzi armele și mirosi fumul. La scurt timp după ce a fost publicată prima mea carte, *Gena egoistă*, am fost abordat separat de doi clerici care ajunseseră amândoi la aceeași analogie între ideile din carte și doctrina păcatului originar. Darwin a aplicat ideea de evoluție strict la organismele care își schimbă forma corpului în cursul a nenumărate generații. Urmașii săi au fost tentați să vadă evoluție în orice – în forma schimbătoare a universului, în „etapele" de dezvoltare a civilizațiilor umane, în lungimea fustelor la modă. Uneori asemenea analogii pot fi extrem de fructuoase, dar e ușor să le împingem prea departe și să ne entuziasmăm de analogii atât de firave, încât sunt nefolositoare, dacă nu de-a dreptul dăunătoare. M-am obișnuit să-mi primesc rația de corespondență de la maniaci și am înțeles că una din trăsăturile lor distinctive e obsesia de a găsi pretutindeni analogii.

Pe de altă parte, câteva dintre cele mai mari progrese ale științei au apărut pentru că unii oameni inteligenți au văzut o analogie între un subiect deja înțeles și altul încă misterios. Secretul constă în

* Una dintre cele mai mari bătălii din Primul Război Mondial; a avut loc în apropiere de Ypres între iulie și noiembrie 1917. (*N. red.*)

a ajunge la un echilibru între mania de a vedea pretutindeni analogii şi orbirea sterilă faţă de analogiile rodnice. Savantul de succes şi maniacul în delir se deosebesc prin calitatea inspiraţiei lor. Însă eu bănuiesc că aceasta reprezintă o diferenţă nu atât în ce priveşte capacitatea de a *observa* analogii cât în capacitatea de a *respinge* analogiile delirante şi a le urma pe cele utile. Trecând peste faptul că avem de-a face aici cu o nouă analogie, care poate fi proastă sau bună (şi în nici un caz originală), între progresul ştiinţific şi selecţia evoluţiei darwiniste, vreau să ajung la ideea relevantă pentru acest capitol. Voi prezenta două analogii strâns legate între ele care mi se par rodnice, dar care pot fi împinse prea departe dacă nu eşti atent. Prima e o analogie între diferite procese care au în comun asemănarea cu exploziile. A doua e o analogie între veritabila evoluţie darwinistă şi ceea ce se numeşte evoluţie culturală. Cred că aceste analogii pot fi fructuoase – altminteri nu le-aş fi dedicat un capitol. Dar cititorul trebuie să fie prevenit.

Proprietatea relevantă a exploziilor este cea cunoscută de ingineri sub numele de „*feedback* pozitiv". *Feedback*-ul pozitiv poate fi cel mai bine înţeles prin comparaţie cu opusul său, *feedback*-ul negativ. *Feedback*-ul negativ stă la baza controlului şi reglării automate, iar unul dintre cele mai grăitoare şi mai bine cunoscute exemple e regulatorul de abur al lui Watt. Un motor util trebuie să furnizeze putere rotativă cu frecvenţă constantă, frecvenţa potrivită pentru măcinat, pompat, ţesut sau orice altceva. Înainte de Watt, problema era că frecvenţa turaţiei depindea de presiunea aburului. Dacă înteţiţi focul, motorul accelerează, ceea ce e un inconvenient pentru o moară sau o ţesătorie care au nevoie de putere constantă pentru maşinile lor. Regulatorul lui Watt era o supapă automată care controla fluxul aburului către piston.

Ideea ingenioasă a fost de a lega supapa de mişcarea rotativă produsă de motor astfel încât cu cât motorul mergea mai repede, cu atât supapa bloca mai mult fluxul aburului. Invers, cu cât motorul mergea mai încet, cu atât se deschidea mai mult supapa. Prin urmare, un motor care mergea prea încet accelera imediat, iar un motor care mergea prea repede încetinea imediat. Dispozitivul prin

care regulatorul măsura viteza era simplu, dar eficient, iar principiul lui e folosit şi în zilele noastre. Două bile aflate la capătul unor tije prinse în articulaţii se învârt antrenate de motor. Când se învârt repede, bilele ridică tijele graţie forţei centrifuge. Când se învârt lent atârnă mai jos. Tijele sunt legate direct la supapa de abur. Cu un reglaj corespunzător, regulatorul lui Watt poate face ca un motor cu abur să funcţioneze la o turaţie aproape constantă în ciuda marilor fluctuaţii din cazan.

Principiul care se află în spatele regulatorului lui Watt este *feedback*-ul negativ. *Output*-ul motorului (în acest caz, mişcarea de rotaţie) e reintrodus în motor (prin supapa de abur). *Feedback*-ul este negativ deoarece un *output* mare (rotaţia rapidă a bilelor) are un efect negativ asupra *input*-ului (alimentarea cu abur).* Invers, un *output* scăzut (rotaţia lentă a bilelor) creşte *input*-ul (de abur), schimbând din nou semnul. Însă eu am introdus noţiunea de *feedback* negativ doar pentru a o pune în antiteză cu *feedback*-ul pozitiv. Să considerăm deci un motor cu regulator Watt şi să introducem o modificare crucială. Inversăm semnul în relaţia dintre bilele care se învârt şi supapă. Acum, când bilele se învârt repede, supapa, în loc să se închidă aşa cum a prevăzut Watt, se deschide. Invers, când bilele se învârt încet, supapa, în loc să crească fluxul de abur, îl reduce. La un dispozitiv normal de tip Watt, un motor care începe să încetinească îşi corectează imediat această tendinţă şi accelerează din nou spre viteza dorită. Însă motorul nostru modificat face exact pe dos. Dacă începe să încetinească, va încetini şi mai mult, iar curând se va opri. Dacă, pe de altă parte, un asemenea motor modificat se întâmplă să prindă puţin mai multă viteză, această tendinţă nu va fi corectată, ca în cazul motorului Watt normal, ci va fi accentuată. Uşoara creştere de viteză e amplificată de regulatorul inver-

* Termenii *feedback*, *input* şi *output* au fost lăsaţi în forma lor originară fiindcă sunt de mult folosiţi în teoria sistemelor şi au intrat în jargonul informaticii. *Input*-ul reprezintă ceea ce introduci într-un sistem (de pildă datele de intrare pentru un calculator), iar *output*-ul, ceea ce produce sistemul pornind de la *input* (de pildă datele de ieşire). *Feedback* înseamnă reintroducerea în sistem a *output*-ului ca *input*. (*N. red.*)

sat, iar motorul va accelera. Acceleraţia aceasta va fi la rândul ei amplificată. Procesul continuă până când motorul fie explodează, fie ajunge la o viteză-limită impusă de presiunea aburului.

Dacă regulatorul Watt foloseşte *feedback*-ul negativ, regulatorul nostru ipotetic modificat exemplifică fenomenul invers al *feedback*-ului pozitiv. Procesele cu *feedback* pozitiv sunt instabile şi galopante. Uşoarele perturbaţii iniţiale cresc şi escaladează o spirală continuă, care se termină fie printr-un dezastru, fie prin oprirea la un nivel mai înalt determinată de alte procese. Inginerii au reunit o gamă largă de procese sub numele generic de *feedback* negativ, şi altă gamă largă de procese sub numele de *feedback* pozitiv. Analogiile nu sunt utile doar într-un sens vag, calitativ, ci pentru că în spatele tuturor proceselor se află aceeaşi matematică. Biologii care studiază fenomene precum controlul temperaturii în organism şi mecanismele saţietăţi care împiedică alimentarea excesivă au considerat util să împrumute matematica *feedback*-ului negativ de la ingineri. Atât inginerii, cât şi organismele vii folosesc mai puţin sistemele cu *feedback* pozitiv decât pe cele cu *feedback* negativ, dar *feedback*-ul pozitiv este subiectul acestui capitol.

Motivul pentru care inginerii şi organismele vii folosesc mai mult *feedback*-ul negativ decât pe cel pozitiv ţine, desigur, de faptul că reglarea controlată în apropierea unui punct optim e un lucru util. Procesele galopante şi instabile, departe de a fi utile, pot fi de-a dreptul periculoase. În chimie, procesul tipic cu *feedback* pozitiv e explozia, iar noi folosim de regulă cuvântul „exploziv" pentru a caracteriza orice proces nestăvilit. De pildă, putem spune despre cineva că are un temperament exploziv. Unul dintre profesorii mei din şcoală era un om cultivat, amabil şi de obicei blând, dar avea din când în când izbucniri de care era perfect conştient. Când se întâmpla să fie provocat cu insistenţă, la început nu spunea nimic, dar pe chipul lui se citea că în interior se petrecea ceva neobişnuit. Apoi ne spunea, la început pe un ton calm şi cumpănit: „Nu mă mai pot abţine. Îmi ies din fire. Ascundeţi-vă repede sub pupitre. Vă avertizez. Se apropie." Ridica treptat tonul, iar când ajungea la apogeu apuca tot ce-i pica în mână, cărţi, penare, călimări, şi

le arunca furios cu toată puterea către locul din clasă unde se afla băiatul care îl provocase. Își revenea treptat în fire, iar a doua zi își cerea politicos scuze aceluiași băiat. Era conștient că-și pierduse cumpătul, că fusese victima *feedback*-ului pozitiv.

Însă *feedback*-ul pozitiv nu conduce numai la creșteri nestăvilite; el poate duce și la scăderi nestăvilite. Am participat recent la o dezbatere în Adunarea Senatului, „parlamentul" Universității Oxford, unde se discuta oportunitatea decernării unui titlu onorific. Decizia era neașteptat de controversată. După votare, în timpul celor 15 minute necesare numărării voturilor, se auzea hărmălaia discuțiilor între cei care așteptau rezultatul. La un moment dat conversațiile s-au topit în mod straniu, iar apoi s-a făcut liniște. Motivul era un anume tip de *feedback* pozitiv, care funcționează în felul următor: în orice zumzet de conversație apar fluctuații aleatoare ale nivelului sonor, în sus sau în jos, pe care noi de regulă nu le observăm. Una dintre aceste fluctuații aleatoare, în direcția scăderii zgomotului, s-a întâmplat să fie ceva mai mare decât de obicei, așa încât unii dintre noi au observat-o. Din moment ce toată lumea aștepta cu neliniște rezultatul votării, cei care au observat scăderea întâmplătoare a nivelului sonor au privit în jur și s-au oprit din conversație. Aceasta a făcut să scadă și mai mult nivelul sonor general, așa încât și mai mulți au observat acest lucru și s-au oprit din conversație. S-a declanșat un *feedback* pozitiv și a continuat în ritm rapid până când în sală s-a făcut liniște deplină. Apoi, când toți și-au dat seama că fusese o alarmă falsă, au început să râdă, iar zgomotul a crescut pe urmă până la nivelul anterior.

Cele mai frapante și mai spectaculoase *feedback*-uri pozitive sunt cele care au ca rezultat nu scăderea, ci creșterea galopantă: o explozie nucleară, un profesor care își pierde cumpătul, o încăierare într-o cârciumă, o avalanșă de insulte la Națiunile Unite (cititorul trebuie să țină cont de avertismentul de la începutul capitolului). Importanța *feedback*-ului pozitiv în politica externă e recunoscută implicit prin folosirea cuvântului „escaladare": când spunem că Orientul Mijlociu e un „butoi cu pulbere" sau când vorbim despre „zone inflamabile". Una dintre cele mai bine cunoscute expresii

ale ideii de *feedback* pozitiv se găseşte în Evanghelia după Matei: „Căci tot celui ce are i se va da şi-i va prisosi, iar de la cel ce n-are şi ce are i se va lua." Capitolul de faţă se referă la *feedback*-ul pozitiv în evoluţie. Există anumite trăsături ale organismelor vii care par să fie rezultatul unui proces evolutiv galopant, exploziv, dirijat de un *feedback* pozitiv. Cursa înarmărilor din capitolul anterior e un exemplu moderat în acest sens, dar exemplele cu adevărat spectaculoase se întâlnesc la organele de semnalizare sexuală.

Încercaţi să vă convingeţi singuri, aşa cum unii au încercat să mă convingă pe când eram student, că superba coadă a păunului nu e decât un organ funcţional cât se poate de banal, la fel ca rinichiul sau ca dintele, creat de selecţia naturală doar pentru scopul practic ca pasărea să poată fi încadrată în această specie, şi nu în altele. Nimeni n-a putut să mă convingă şi mă îndoiesc că v-aţi putea lăsa convinşi. Pentru mine coada păunului poartă pecetea inconfundabilă a *feedback*-ului pozitiv. Este în mod clar rezultatul unei explozii necontrolate care a avut loc în cursul timpului evolutiv. Aşa a gândit Darwin în teoria sa asupra selecţiei sexuale şi tot aşa, exprimându-se explicit şi pe larg, a gândit cel mai mare dintre urmaşii lui, R.A. Fisher. După un scurt raţionament, el a tras concluzia (în cartea sa *Teoria genetică a selecţiei naturale*):

> Dezvoltarea penajului la mascul şi preferinţa sexuală pentru asemenea dezvoltare la femelă trebuie prin urmare să avanseze împreună, iar, atâta timp cât procesul nu e stăvilit de o contraselecţie fermă, el va progresa cu o viteză din ce în ce mai mare. În absenţa totală a unor asemenea oprelişti, e limpede că viteza de dezvoltare va fi proporţională cu dezvoltarea deja obţinută şi va creşte deci exponenţial, sau în progresie geometrică, cu timpul.

Este tipic pentru Fisher faptul că ceea ce lui i s-a părut „limpede" nu a fost complet înţeles de alţii decât cu o jumătate de secol mai târziu. El nu s-a obosit să-şi explice afirmaţia că evoluţia penajului atractiv sexual a avansat cu o viteză din ce în ce mai mare, exponenţial, exploziv. Au mai trebuit să treacă vreo 50 de ani pentru ca ceilalţi biologi să priceapă şi să reconstituie complet acel tip de raţionament matematic pe care Fisher trebuie să-l fi făcut, pe

hârtie sau în minte, pentru a-şi demonstra lui însuşi teoria. Voi încerca să explic în termeni simpli aceste idei matematice care, în forma lor modernă, au fost în mare parte studiate de tânărul biolog matematician american Russell Lande. Deşi nu sunt la fel de pesimist ca Fisher, care în prefaţa cărţii sale din 1930 spunea „Nici un efort de-al meu nu va face cartea mai uşor de citit", vă previn totuşi citând cuvintele unui amabil recenzent al primei mele cărţi: „Cititorul e avertizat să-şi încalţe pantofii pentru alergare mentală." Eu însumi am ajuns să înţeleg aceste idei dificile după un efort susţinut. E momentul să-i mulţumesc, în ciuda protestelor sale, fostului meu student şi actualului meu coleg Alan Grafen, ale cărui sandale mentale înaripate sunt celebre, dar care are capacitatea încă şi mai rară de a şi le scoate şi de a găsi calea potrivită pentru a explica şi altora. Fără aportul lui nu aş fi putut scrie partea de mijloc a acestui capitol, de aceea am refuzat să retrag mulţumirea din prefaţă.

Înainte de a ajunge la lucruri mai dificile, trebuie să spun câte ceva despre originea ideii de selecţie sexuală. A început, ca multe altele din acest domeniu, cu Charles Darwin. Deşi a pus accentul mai mult pe supravieţuire şi pe lupta pentru existenţă, Darwin a recunoscut că existenţa şi supravieţuirea sunt doar mijloace pentru a atinge un scop. Scopul este reproducerea. Un fazan poate ajunge la o vârstă înaintată, dar dacă nu se reproduce nu îşi transmite atributele mai departe. Selecţia va favoriza acele însuşiri care fac ca un animal să aibă succes în reproducere, iar supravieţuirea e doar o parte din bătălia pentru reproducere. În alte părţi ale bătăliei, succesul le surâde acelora care sunt mai atrăgători pentru sexul opus. Darwin a observat că, dacă un mascul de fazan, păun sau pasărea paradisului „cumpără" atractivitate sexuală, chiar şi cu preţul vieţii sale, el îşi poate totuşi transmite însuşirile atractive sexual printr-o procreare încununată de succes înainte de a muri. El şi-a dat seama că, din punctul de vedere al supravieţuirii, coada păunului poate fi un handicap, şi a sugerat că acest lucru poate fi contrabalansat de atractivitatea sexuală sporită pe care o conferă masculului. Predilecţia sa pentru analogiile cu domesticirea anima-

lelor l-a făcut pe Darwin să compare femela cu un crescător de animale care orientează cursul evoluţiei animalelor domestice după gusturile sale estetice. Noi am putea-o compara cu acela care selectează biomorfele din calculator în direcţia atracţiei estetice.

Darwin a acceptat pur şi simplu să ia ca atare toanele femelei. Existenţa lor era o axiomă a acestei teorii a selecţiei sexuale, o presupunere apriorică, nu ceva ce trebuie explicat – motiv pentru care teoria sa a avut o reputaţie proastă până când a fost salvată de Fisher, în 1930. Din păcate, mulţi biologi fie l-au ignorat, fie nu l-au înţeles pe Fisher. Obiecţia ridicată de Julian Huxley şi de alţii a fost aceea că toanele femelei nu sunt fundamente legitime pentru o teorie cu adevărat ştiinţifică. Însă Fisher a salvat teoria selecţiei sexuale considerând preferinţa femelei ca obiect legitim al selecţiei naturale, în aceeaşi măsură ca şi cozile masculilor. Preferinţa femelei c o manifestare a sistemului ei nervos. Sistemul nervos al femelei se dezvoltă sub influenţa genelor ei, iar atributele lui e prin urmare probabil să fi fost influenţate de selecţie în cursul generaţiilor precedente. Dacă alţii considerau că ornamentele masculilor evoluează sub influenţa unei preferinţe statice a femelei, Fisher considera că preferinţa femelei evoluează dinamic, ţinând pasul cu ornamentele masculului. Poate că intuiţi deja legătura cu ideea de *feedback* pozitiv exploziv.

Când prezentăm idei teoretice dificile, în general e bine să avem în minte un exemplu din lumea reală. Voi folosi ca exemplu coada lungă a păsărilor indigo din Africa. Orice ornament selectat sexual poate face obiectul acestei discuţii, iar eu vreau să evit omniprezentul (în analiza selecţiei naturale) păun. Masculul de pasăre indigo cu coadă lungă e o pasăre neagră, subţire, cu pete portocalii pe umeri, de dimensiunile unei vrăbii, cu excepţia penelor cozii, care, în sezonul de împerechere, pot ajunge la lungimea de 50 de centimetri. Poate fi văzut adesea efectuându-şi zborul spectaculos deasupra pajiştilor africane, învârtindu-se şi făcând loopinguri ca un avion de care e agăţat un anunţ publicitar. Nu e deci de mirare că poate fi doborât la pământ când vremea e umedă. Chiar şi o coadă uscată trebuie să fie o greutate dificil de purtat. Prin urmare,

punctul nostru de plecare e o pasăre-strămoş fără coadă lungă. Să presupunem că lungimea cozii strămoşului era de aproximativ 8 cm, cam o şesime din lungimea cozii masculului modern în sezonul de împerechere.

Este evident faptul că atunci când măsurăm aproape orice la animale, deşi cei mai mulţi membri ai speciilor sunt foarte aproape de medie, unii indivizi se află puţin sub medie, iar alţii puţin peste. Putem fi siguri că exista un spectru al lungimilor cozii la strămoşul păsării indigo, uncle fiind mai mari şi altele mai mici decât media de 8 cm. Putem deci presupune că lungimea cozii era dictată de un mare număr de gene, fiecare cu efect minor, iar efectele lor se însumau, la aceasta adăugându-se efectele alimentaţiei şi ale altor factori variabili ce ţin de mediu pentru a da lungimea reală a cozii unui individ. Ansambluri mari de gene ale căror efecte se însumează poartă numele de poligene. Cele mai multe „măsuri" ale noastre, cum sunt înălţimea sau greutatea, sunt influenţate de un număr mare de poligene. Modelul matematic al selecţiei sexuale elaborat de Russell Lande, pe care îl urmez aici îndeaproape, e un model poligenic.

Să ne îndreptăm acum atenţia asupra femelelor şi asupra felului în care îşi aleg ele partenerii. Poate părea sexistă presupunerea că femelele îşi aleg partenerii, şi nu invers. De fapt există motive teoretice întemeiate ca lucrurile să se petreacă astfel (vezi *Gena egoistă*) şi e cât se poate de normal în practică. Masculii moderni ai păsării indigo atrag haremuri de vreo şase femele. Aceasta înseamnă că există în populaţie un surplus de masculi care nu se reproduc. Aceasta, la rândul ei, înseamnă că femelele nu întâmpină nici o dificultate în a-şi găsi parteneri şi îşi pot permite să fie mofturoase. Un mascul are mult mai mult de câştigat fiind atrăgător pentru femele. O femelă are prea puţin de câştigat fiind atrăgătoare pentru masculi, din moment ce ea e oricum dorită.

Aşadar, acceptând că femelele aleg, vom face pasul crucial pe care l-a făcut şi Fisher, derutându-i pe criticii lui Darwin. În loc să acceptăm pur şi simplu că femelele au capricii, considerăm preferinţa femelei ca pe o variabilă influenţată genetic, la fel ca orice

altă variabilă. Preferinţa femelei e o variabilă cantitativă şi putem presupune că e dictată de poligene înacelaşi fel ca lungimea cozii masculului. Aceste poligene pot acţiona asupra oricărei părţi din creierul femelei, sau chiar asupra ochilor, în fond asupra oricărui lucru care are efectul de a influenţa preferinţa femelei. Preferinţa femelei ia în considerare fără îndoială multe părţi ale masculului, culoarea petelor de pe umerii lui, forma ciocului şi aşa mai departe; dar noi suntem aici interesaţi de lungimea cozii lui, şi prin urmare de preferinţele femelei faţă de cozile de diferite lungimi ale masculilor. Putem deci măsura preferinţa femelei cu exact aceleaşi unităţi cu care măsurăm lungimea cozii masculului – centimetri. Poligenele fac ca anumite femele să se simtă atrase de cozi masculine mai lungi decât media, altele de cozi masculine mai scurte decât media, iar altele de cozi masculine având aproximativ lungimea medie.

Aici intervine una dintre ideile-cheie ale teoriei. Deşi genele pentru preferinţele femelelor se *exprimă* doar în comportamentul acestora, ele sunt prezente şi în corpurile masculilor. Şi, în mod asemănător, genele pentru lungimea cozilor masculilor sunt prezente în corpurile femelelor, chiar dacă se exprimă sau nu în ele. Ideea genelor care nu se exprimă nu e complicată. Dacă un bărbat are gene pentru un penis lung, el le poate transmite la fel de bine fiului său sau fiicei sale. Fiul lui poate exprima aceste gene, dar fiica lui, bineînţeles, nu, pentru că ea nu are penis. Dar, dacă bărbatul va avea la un moment dat nepoţi, fiii fiicei sale vor moşteni cu aceeaşi probabilitate penisul său lung ca şi fiii fiului său. Genele pot să fie purtate de un corp fără a fi exprimate. În acelaşi mod, Fisher şi Lande presupun că genele pentru preferinţa femelei sunt *purtate* de corpurile masculilor, chiar dacă sunt *exprimate* doar în corpurile femelelor. Iar genele pentru coada masculului sunt purtate de corpurile femelelor, chiar dacă nu sunt exprimate la femele.

Să presupunem că am avea un microscop special care ne-ar permite să privim în interiorul celulelor păsării şi să-i studiem genele. Să luăm un mascul care are o coadă mai lungă decât media şi să privim în interiorul celulelor lui, la gene. Dacă vom cerceta

mai întâi genele pentru lungimea cozii, vom descoperi fără surprindere că are gene care produc o coadă lungă: este evident, din moment ce *are* o coadă lungă. Dar să cercetăm şi genele pentru *preferinţa* asupra cozii. Aici nu avem nici un indiciu exterior, dat fiind că genele se exprimă doar la femele. Trebuie să privim la microscop. Ce am vedea? Am vedea gene care le fac pe femele să prefere cozile lungi. Invers, dacă privim în interiorul unui mascul care are o coadă scurtă, am găsi genele care le fac pe femele să prefere cozile scurte. Aici e punctul-cheie al argumentului. Raţionamentul e următorul.

Dacă eu sunt un mascul cu coadă lungă, e mai probabil ca tatăl meu să fi avut şi el o coadă lungă decât să nu fi avut o coadă lungă. Aceasta e ereditatea obişnuită. Dar, de asemenea, dat fiind că tatăl meu a fost ales ca partener de mama mea, e mai probabil ca mama mea să fi avut o preferinţă pentru masculii cu cozi lungi decât să nu fi avut această preferinţă. Prin urmare, dacă am moştenit genele pentru coadă lungă de la tatăl meu, e probabil să fi moştenit şi genele pentru preferinţa faţă de cozile lungi de la mama mea. Folosind acelaşi raţionament, dacă ai moştenit gene pentru coadă scurtă, ai moştenit probabil şi genele care le fac pe femele să prefere cozile scurte.

Putem urma acelaşi tip de raţionament şi pentru femele. Dacă eu sunt o femelă care preferă masculii cu coadă lungă, probabil că şi mama mea a preferat masculii cu coadă lungă. Prin urmare, probabil că tatăl meu a avut o coadă lungă, din moment ce a fost ales de mama mea. Deci, dacă eu am moştenit genele pentru preferinţa faţă de cozile lungi, probabil că am moştenit şi genele pentru o coadă lungă, indiferent dacă aceste gene sunt sau nu exprimate în corpul meu de femelă. Iar dacă am moştenit gene pentru preferinţa faţă de coada scurtă, probabil că am moştenit şi genele pentru *a avea* o coadă scurtă. Concluzia generală e următoarea. Fiecare individ, indiferent de sex, e probabil să posede *atât* genele care îi fac pe masculi să aibă o anumită însuşire, *cât şi* genele care le fac pe femele să prefere acea însuşire, oricare ar fi ea.

Aşadar, genele pentru însuşirile masculilor şi genele pentru preferinţele femelelor faţă de aceste însuşiri nu sunt răspândite aleator în populaţie, ci au tendinţa de a apărea *împreună*. Acest „împreună", numit în jargonul de specialitate „dezechilibru în corelare", face scamatorii bizare cu ecuaţiile matematice ale geneticienilor, iar consecinţele sunt stranii şi minunate. Una dintre ele, admiţând că Fisher şi Lande au dreptate, este evoluţia explozivă a cozilor păunilor şi păsărilor indigo, precum şi a nenumărate alte organe menite să atragă. Aceste consecinţe nu pot fi demonstrate decât matematic, dar le putem prezenta în cuvinte simple şi ne putem face o idee despre raţionamentul matematic folosind un limbaj nematematic. Avem în continuare nevoie de pantofii pentru alergare mentală, deşi o analogie mai bună ar fi cea cu bocancii alpiniştilor. Fiecare pas în raţionament e destul de simplu, dar trebuie parcursă o serie lungă de paşi pentru a urca muntele înţelegerii, iar dacă sărim vreunul dintre paşii de la început nu vom putea să-i facem pe cei de mai târziu.

Am admis posibilitatea unui spectru larg de preferinţe ale femelelor, de la femelele cărora le plac masculii cu coadă lungă până la femelele cărora le plac masculii cu coadă scurtă. Însă, dacă facem un sondaj printre femelele unei anumite populaţii, vom descoperi probabil că majoritatea femelelor împărtăşesc cam aceleaşi gusturi în materie de masculi. Putem exprima *domeniul* de preferinţe ale femelelor din populaţie în aceleaşi unităţi – centimetri – în care exprimăm domeniul de lungimi pentru cozile masculilor. Şi putem exprima preferinţa *medie* a femelelor în aceleaşi unităţi. S-ar putea dovedi că preferinţa medie a femelelor este exact aceeaşi cu lungimea medie a cozii masculilor, 8 cm. În acest caz, alegerea femelei nu va constitui o forţă evolutivă având tendinţa să modifice lungimea cozii masculului. Sau s-ar putea dovedi că preferinţa medie a femelei se îndreaptă către o coadă mai lungă decât media care există deja, de pildă 10 cm în loc de 8. Să lăsăm deocamdată fără răspuns întrebarea cum ar apărea o asemenea diferenţă, să acceptăm pur şi simplu că ea există şi să ne punem următoarea întrebare: De ce, dacă majoritatea femelelor preferă masculii cu cozi de 10 cm,

majoritatea masculilor au de fapt cozi de 8 cm? De ce nu creşte media lungimii cozii în populaţie la 10 cm, sub influenţa selecţiei sexuale a femelelor? Cum poate exista o diferenţă de 2 cm între lungimea medie preferată a cozii şi lungimea medie reală?

Răspunsul este că gusturile femelei nu sunt singurul tip de selecţie care acţionează asupra lungimii medii a cozii masculului. Coada are o funcţie importantă în zbor, iar o coadă prea lungă sau prea scurtă va scădea eficienţa zborului. În plus, o coadă lungă consumă mai multă energie pentru a fi cărată şi, întâi de toate, pentru a fi construită. Masculii cu cozi de 10 cm pot atrage femelele, dar preţul plătit de aceşti masculi e zborul lor mai puţin eficient, consumul mai mare de energie şi o mai mare vulnerabilitate în faţa prădătorilor. Putem exprima aceste lucruri spunând că există o lungime a cozii *utilitar optimă*, care diferă de optimul selectat sexual: o lungime ideală a cozii din punctul de vedere al criteriilor de utilitate obişnuite; o lungime a cozii care e ideală din toate punctele de vedere, în afară de cel al atragerii femelelor.

Ar trebui oare să ne aşteptăm ca lungimea medie reală a cozilor masculilor, 8 cm în exemplul nostru ipotetic, să fie aceeaşi cu optimul utilitar? Nu, ar trebui să ne aşteptăm ca optimul utilitar să fie mai mic, de pildă 6 cm. Motivul este că lungimea medie reală de 8 cm e rezultatul unui compromis între selecţia utilitară, care tinde să scurteze cozile masculilor, şi selecţia sexuală, care tinde să le lungească. Putem presupune că, dacă n-ar avea nevoie să atragă femele, lungimea medie a cozii ar scădea până la 6 cm. Dacă nu s-ar pune problema eficienţei zborului şi a cheltuielii de energie, lungimea medie a cozii ar creşte până la 10 cm. Media reală de 8 cm e un compromis.

Am lăsat deoparte întrebarea *de ce* femelele ar prefera totuşi o coadă diferită de optimul utilitar. La prima vedere ideea pare ridicolă. Femelele excentrice, cu gust pentru cozi mai lungi decât ar fi cazul conform criteriilor unui bun „proiect", vor avea fii rău proiectaţi, ineficienţi, care zboară neîndemânatic. Orice femelă mutantă care se întâmplă să aibă înclinaţii plebee pentru masculii cu coadă scurtă, mai ales o femelă ale cărei gusturi în materie de

cozi se întâmplă să coincidă cu optimul utilitar, va avea fii eficienţi, bine proiectaţi pentru zbor, care îi vor întrece cu siguranţă pe fiii rivalelor frivole. Aici e problema. Este implicită în metafora mea legată de „gust" şi modă. Fiii femelei mutante pot fi zburători eficienţi, dar nu sunt la fel de atrăgători pentru majoritatea femelelor din populaţie. Ei vor atrage deci femele aflate în minoritate, care nu ţin cont de modă; iar femelele minoritare prin definiţie sunt mai greu de găsit decât femelele majoritare, pentru că sunt mai puţine. Într-o societate unde doar unul din şase masculi are pereche, iar toţi masculii norocoşi au haremuri mari, satisfacerea gusturilor celor mai multe dintre femele va aduce beneficii enorme, care contrabalansează costurile utilitare în energie şi eficienţă a zborului.

Dar chiar şi aşa, ar putea obiecta cititorul, întregul raţionament se bazează pe o presupunere arbitrară. Pornind de la faptul că cele mai multe femele preferă cozile lungi neutilitare, cititorul va trebui să accepte că tot restul decurge de aici. Dar *de ce* a apărut acest gust majoritar al femelelor? De ce majoritatea femelelor nu preferă cozi *mai mici* decât optimul utilitar sau cozi de exact aceeaşi lungime cu optimul utilitar? De ce nu coincide moda cu utilitatea? Răspunsul este că oricare dintre aceste lucruri se putea întâmpla, iar în cazul multor specii chiar aşa s-a întâmplat. Cazul meu ipotetic al femelelor care preferă cozile lungi a fost, fără îndoială, arbitrar. Dar, *indiferent* care a fost gustul majorităţii femelelor, oricât de arbitrar, a existat o tendinţă pentru ca acea majoritate să se menţină prin selecţie sau chiar, în anumite condiţii, să crească – în mod exagerat. În acest punct al raţionamentului lipsa unei justificări matematice devine într-adevăr stânjenitoare. Aş putea pur şi simplu să-l invit pe cititor să accepte că raţionamentul matematic al lui Lande demonstrează acest lucru şi să mă opresc aici. Poate că ar fi soluţia mai înţeleaptă, dar voi încerca să explic o parte din idee în cuvinte.

Cheia raţionamentului stă în ceea ce am stabilit anterior despre „dezechilibrul în corelare", „asocierea" între genele pentru cozi de o lungime dată – orice lungime – şi genele corespunzătoare pentru preferarea cozilor de aceeaşi lungime. Putem privi „factorul de asociere" ca pe un număr măsurabil. Dacă factorul de asociere e

foarte mare, aceasta înseamnă că pe baza cunoştinţelor despre genele unui individ pentru lungimea cozii putem prezice cu mare exactitate genele lui/ei pentru preferinţă şi viceversa. Invers, dacă factorul de asociere e mic, aceasta înseamnă că pe baza cunoştinţelor despre genele unui individ într-unul dintre cele două domenii – preferinţa sau lungimea cozii – putem să ne facem doar o idee vagă despre genele lui/ei în celălalt domeniu.

Valoarea factorului de asociere depinde de intensitatea preferinţei femelei – cât de tolerantă e ea faţă de ceea ce consideră a fi masculi imperfecţi –, în ce măsură variaţia în lungime a cozii masculului e determinată de gene, şi nu de factorii de mediu ş.a.m.d. Dacă, drept rezultat al tuturor acestor efecte, factorul de asociere – coeziunea dintre genele pentru lungimea cozilor şi cele pentru preferinţa faţă de lungimea cozii – este foarte puternic, putem deduce următoarea consecinţă. De fiecare dată când un mascul e ales datorită cozii sale lungi, nu doar genele pentru coadă lungă sunt alese. În acelaşi timp, datorită cuplajului „asocierii", genele pentru *preferarea* cozii lungi sunt şi ele alese. Asta înseamnă că genele care le determină pe femele să aleagă cozi ale masculilor de o anumită lungime aleg de fapt *cópii ale lor însele*. Acesta e un ingredient esenţial al unui proces autoîntreţinut: are o inerţie proprie care îl duce mai departe. Odată ce evoluţia a început într-o anumită direcţie, ea are tendinţa să continue în aceeaşi direcţie.

Acest lucru poate fi înţeles şi prin ceea ce se numeşte „efectul de barbă verde". Efectul de barbă verde e un fel de glumă biologică din mediile academice. E pur ipotetic, dar foarte instructiv. A fost propus pentru a explica principiul fundamental al teoriei lui W.D. Hamilton privind selecţia pe baza înrudirii, discutată pe larg în *Gena egoistă*. Hamilton, acum coleg cu mine la Oxford, a arătat că selecţia naturală favorizează genele pentru comportamentul altruist faţă de rudele apropiate, pur şi simplu deoarece cópii ale acestor gene se află cu o mare probabilitate în corpurile rudelor. Ipoteza „barbă verde" generalizează această idee. Rudenia e de fapt singurul mod prin care genele îşi pot instala cópii ale lor însele în alte corpuri. Teoretic vorbind, o genă şi-ar putea instala cópii

ale ei pe căi mai directe. Să presupunem că ar apărea o genă care are următoarele două efecte (genele cu două sau mai multe efecte sunt frecvente): îi face pe posesorii săi să aibă un semn distinctiv, de pildă o barbă verde, şi le determină creierele să se comporte altruist faţă de indivizii cu barbă verde. O coincidenţă destul de improbabilă, trebuie să recunoaştem, dar, dacă apare vreodată, consecinţa ei evolutivă e limpede. Gena altruismului faţă de barba verde va tinde să fie favorizată de selecţia naturală din aceleaşi motive pentru care sunt favorizate genele altruismului faţă de copii sau fraţi. De fiecare dată când un individ cu barbă verde îl ajută pe un altul, gena care conferă acest altruism discriminator favorizează o copie a ei înseşi. Răspândirea genei pentru barbă verde va fi automată şi inevitabilă.

Nimeni nu crede cu adevărat, nici măcar eu, că efectul de barbă verde în această formă extrem de simplă s-ar întâlni vreodată în natură. În natură, genele discriminează în favoarea propriilor lor cópii prin mijlocirea unor semne distinctive mai puţin particulare, dar mai plauzibile decât bărbile verzi. Rudenia e un asemenea semn distinctiv. „Fratele" sau, în practică, ceva de tipul „acela care tocmai a ieşit din ou în cuibul din care eu tocmai mi-am luat zborul" e un semn distinctiv statistic. Orice genă care îi face pe indivizi să se poarte altruist faţă de purtătorii unui asemenea semn distinctiv are, statistic vorbind, o bună şansă să ajute cópii ale ei înseşi, din moment ce e probabil ca fraţii să împărtăşească aceleaşi gene. Teoria lui Hamilton privind selecţia pe bază de înrudire poate fi considerată una din căile prin care un efect de tip „barbă verde" poate deveni plauzibil. Să ne amintim că nu e vorba nicidecum de faptul că genele „ar dori" să ajute cópii ale lor însele. Pur şi simplu orice genă care se întâmplă să aibă *efectul* de a ajuta cópii ale ei înseşi va tinde, vrând-nevrând, să devină mai numeroasă în populaţie.

Înrudirea poate fi aşadar privită ca o cale prin care ceva de tipul efectului de barbă verde devine plauzibil. Teoria lui Fisher despre selecţia sexuală poate fi prezentată ca o altă cale prin care efectul de barbă verde devine plauzibil. Dacă femelele dintr-o populaţie au preferinţe puternice pentru caracteristicile masculilor, rezultă,

conform raţionamentului de mai sus, că fiecare corp de mascul va tinde să conţină cópii ale genelor care le-au făcut pe femele să prefere propriile sale caracteristici. Dacă un mascul a moştenit o coadă lungă de la tatăl său, e probabil ca el să fi moştenit şi de la mama lui genele care au făcut-o să aleagă coada lungă a tatălui. Dacă el are o coadă scurtă, e probabil ca el să conţină gene care le fac pe femele să prefere cozi scurte. Prin urmare, când o femelă îşi alege un mascul, indiferent care ar fi preferinţa ei, e probabil ca genele care îi influenţează alegerea *să aleagă cópii ale lor însele* aflate în masculi. Ele aleg cópii ale lor însele folosind lungimea cozii masculului drept semn distinctiv, într-o versiune mai complicată a modului în care ipotetica genă pentru barbă verde foloseşte barba verde ca semn distinctiv.

Dacă jumătate dintre femelele din populaţie preferă masculii cu coadă lungă, iar cealaltă jumătate masculii cu coadă scurtă, genele responsabile pentru alegerea femelei vor alege în continuare cópii ale lor însele, dar în general nu va exista tendinţa de a favoriza un tip sau altul de coadă. Ar putea apărea tendinţa de separare a populaţiei în două – o parte cu coadă lungă şi care preferă coada lungă, iar altă parte cu coadă scurtă şi care preferă coada scurtă. Dar orice asemenea divizare în „opinia" femelei conduce la o situaţie instabilă. Din momentul în care printre femele apare o majoritate, *oricât de firavă*, în favoarea unui tip de preferinţă şi în detrimentul celuilalt, acea majoritate va creşte în generaţiile următoare. Aceasta deoarece masculii preferaţi de femelele minoritare vor găsi mai greu o parteneră; iar femelele minoritare vor avea fii cărora le va fi mai greu să-şi găsească partenere, aşa încât femelele minoritare vor avea mai puţini nepoţi. De fiecare dată când minorităţile tind să scadă, iar majorităţile tind să crească, indiferent cât de mică e diferenţa care separă majoritatea de minoritate, avem de-a face cu un *feedback* pozitiv: „Căci tot celui ce are i se va da şi-i va prisosi, iar de la cel ce n-are şi ce are i se va lua." De fiecare dată când avem un echilibru instabil, începuturile arbitrare, aleatoare se autostimulează accentuat. Se întâmplă exact ca atunci când tăiem un copac: la început nu putem şti dacă el va cădea spre

nord sau spre sud; dar, după ce rămâne o clipă în echilibru, odată ce începe să cadă într-o direcţie sau în alta, nimic nu-l mai poate aduce înapoi.

După ce ne legăm cu atenţie şireturile la bocancii de alpinism, ne pregătim să mai fixăm un piton. Să ne amintim că selecţia prin femele trage cozile masculilor într-o direcţie, în timp ce selecţia „utilitară" le trage în alta (le „trage" în sens evolutiv, desigur), lungimea medie reală a cozii fiind un compromis între cele două tendinţe. E momentul să introducem o mărime numită „diferenţa alegerii". Aceasta e diferenţa dintre lungimea medie reală a cozii masculilor într-o populaţie şi lungimea „ideală" a cozii pe care ar prefera-o în medie femelele. Unităţile în care se măsoară diferenţa alegerii sunt arbitrare, la fel cum scările de temperatură Fahrenheit sau Celsius sunt arbitrare. Aşa cum scara Celsius găseşte convenabil să-şi fixeze punctul zero la temperatura de îngheţ a apei, noi vom găsi convenabil să fixăm punctul zero acolo unde forţa exercitată de selecţia sexuală se echilibrează perfect cu forţa opusă a selecţiei utilitare. Altfel spus, o diferenţă a alegerii cu valoarea zero face ca transformarea evolutivă să înceteze, fiindcă cele două tipuri de selecţie se anulează reciproc.

Evident, cu cât diferenţa alegerii e mai mare, cu atât „forţa" evolutivă exercitată de femele e mai mare decât cea a selecţiei naturale utilitare, care acţionează în sens contrar. Ce ne interesează pe noi nu e valoarea absolută a diferenţei alegerii la un anumit moment, ci felul în care diferenţa alegerii *se modifică* de-a lungul generaţiilor succesive. Ca rezultat al unei diferenţe a alegerii date, cozile devin mai lungi, iar în acelaşi timp (să ne amintim că genele pentru alegerea cozilor lungi au fost selectate împreună cu genele care conferă cozi lungi) coada preferată în mod ideal de femele devine şi ea mai lungă. După o generaţie în care funcţionează o asemenea selecţie dual㠄, atât lungimea medie a cozii, cât şi lungimea medie a cozii preferate au devenit mai mari, dar care din ele a crescut mai mult? E un alt fel de a ne întreba ce se întâmplă cu diferenţa alegerii.

Diferenţa alegerii ar putea rămâne aceeaşi (dacă lungimea medie a cozii şi lungimea medie a cozii preferate au crescut cu aceeaşi

cantitate). Ar putea deveni mai mică (dacă lungimea medie a cozii a crescut mai mult decât lungimea medie a cozii preferate). Sau ar putea creşte (dacă lungimea medie a cozii a crescut cu o cantitate, dar lungimea medie a cozii preferate a crescut cu o cantitate şi mai mare). După cum intuiţi probabil deja, dacă diferenţa alegerii scade pe măsură ce cozile cresc, lungimea cozii va evolua spre o lungime stabilă de echilibru. Dar, dacă diferenţa alegerii *creşte* pe măsură ce cozile cresc, generaţiile viitoare ar trebui teoretic să aibă cozi care „ţâşnesc" cu o viteză din ce în ce mai mare. Fără îndoială, asta trebuie să fi calculat Fisher înainte de 1930, dar succinta sa prezentare nu a fost bine înţeleasă de ceilalţi la vremea aceea.

Să considerăm întâi cazul în care diferenţa alegerii devine din ce în ce mai mică odată cu trecerea generaţiilor. În cele din urmă ea va deveni atât de mică, încât forţa cu care preferinţa femelei trage într-o direcţie va fi perfect echilibrată de forţa de sens opus a selecţiei utilitare. Transformarea evolutivă se va opri, sistemul ajungând într-o stare de echilibru. Lande a demonstrat că, cel puţin în anumite condiţii, nu există doar un singur punct de echilibru, ci mai multe (teoretic, un număr infinit de puncte de echilibru, aşezate pe o dreaptă a unui grafic – dar deja intrăm în matematică!). Nu există doar un punct de echilibru, ci mai multe: pentru orice forţă a selecţiei utilitare care trage într-o direcţie, forţa preferinţei femelei evoluează astfel încât să atingă un punct în care se ajunge la echilibru.

Prin urmare, dacă condiţiile sunt de aşa natură încât diferenţa alegerii tinde să devină tot mai mică odată cu trecerea generaţiilor, populaţia se va stabiliza la „cel mai apropiat" punct de echilibru. Aici selecţia utilitară care trage într-o direcţie va fi perfect echilibrată de selecţia femelei care trage în direcţie contrară, iar cozile masculilor vor rămâne la aceeaşi lungime, oricare ar fi ea. Cititorul poate recunoaşte aici un sistem cu *feedback* negativ, dar e unul destul de straniu. Puteţi spune într-adevăr că e un sistem cu *feedback* negativ pornind de la ceea ce se întâmplă dacă îl „perturbaţi" scoţându-l din starea ideală, „punctul de echilibru". Dacă perturbaţi temperatura unei camere deschizând de pildă geamul, termostatul

răspunde punând în funcţiune radiatoarele pentru a compensa pierderea de căldură.

Dar cum ar putea fi perturbat sistemul selecţiei sexuale? Amintiţi-vă că aici e vorba de scara de timp a evoluţiei, aşa încât e greu să facem experimente – echivalentul deschiderii ferestrei – şi să trăim destul pentru a vedea rezultatele. Dar, fără îndoială, în natură sistemul e deseori perturbat, de pildă prin fluctuaţii spontane şi aleatoare ale numărului de masculi, provocate de evenimente întâmplătoare, favorabile sau defavorabile. Când se petrece acest lucru, date fiind condiţiile despre care am vorbit mai sus, o combinaţie de selecţie utilitară şi selecţie sexuală va aduce populaţia la cel mai apropiat punct de echilibru. Aşadar, cu trecerea timpului, populaţia se poate deplasa în sus şi în jos pe dreapta punctelor de echilibru. Deplasarea în sus înseamnă lungirea cozii – teoretic nu există o limită pentru această lungire. Deplasarea în jos înseamnă scurtarea cozii – teoretic până la zero.

Analogia cu termostatul e deseori folosită pentru a ilustra noţiunea de punct de echilibru. Putem extinde analogia pentru a explica noţiunea mai dificilă de *dreaptă* de echilibru. Să presupunem că o cameră are atât un sistem de încălzire, cât şi unul de răcire, fiecare cu propriul său termostat. Ambele termostate sunt reglate pentru a menţine camera la aceeaşi temperatură fixă, 21° C. Dacă temperatura scade sub 21° C, sistemul de încălzire porneşte, iar sistemul de răcire se opreşte. Dacă temperatura creşte peste 21° C, sistemul de răcire porneşte, iar sistemul de încălzire se opreşte. Analogul lungimii cozii păsării indigo nu e temperatura (care rămâne aproximativ constantă la 21° C), ci rata totală a consumului de electricitate. Există o mulţime de căi diferite prin care poate fi atinsă temperatura dorită. Ea poate fi atinsă când ambele instalaţii muncesc din greu, instalaţia de încălzire producând aer cald, iar cea de răcire încercând să neutralizeze căldura. Sau poate fi atinsă dacă radiatoarele dau ceva mai puţină căldură, iar instalaţia de răcire se chinuie ceva mai puţin pentru a o neutraliza. Sau poate fi atinsă dacă cele două instalaţii funcţionează foarte puţin. Evident, ultima soluţie e cea mai bună din punctul de vedere al facturii de electricitate,

dar, atâta timp cât ne interesează doar menținerea temperaturii fixe de 21° C, oricare din lungul șir al ratelor de consum e la fel de mulțumitoare. Avem o *dreaptă* a punctelor de echilibru, nu un singur punct. În funcție de detaliile reglării sistemului, de timpul lui de reacție și de alte lucruri cu care se ocupă inginerii, teoretic e posibil ca rata consumului de electricitate să se deplaseze în sus și în jos pe dreapta punctelor de echilibru, iar temperatura să rămână aceeași. Dacă temperatura camerei scade puțin sub 21° C, ea va reveni. Dar nu va reveni neapărat la aceeași combinație de rate de consum ale încălzirii și răcirii. Poate reveni într-un punct diferit de pe dreapta de echilibru.

În practică, ar fi destul de dificil de reglat instalațiile unei camere pentru a obține cu adevărat o dreaptă de echilibru. E mai probabil ca dreapta „să se reducă la un punct". Și raționamentul lui Russell Lande privind dreapta de echilibru din selecția sexuală se bazează pe presupuneri care, în natură, s-ar putea dovedi false. Se presupune, de pildă, că sunt mereu disponibile noi mutații. Se presupune că, pentru o femelă, actul alegerii nu implică nici o cheltuială. Dacă această presupunere e neîntemeiată, după cum se prea poate să fie, „dreapta" de echilibru se reduce la un singur punct de echilibru. Până acum însă am analizat doar cazul în care diferența alegerii *scade* odată cu trecerea generațiilor evolutive. În alte condiții, diferența alegerii poate crește.

A trecut ceva vreme de când am prezentat problema, așa încât e momentul s-o reamintim. Avem o populație ai cărei masculi evoluează în anumite privințe, cum ar fi lungimea cozii la păsările indigo, sub influența preferințelor femelei, care tind să lungească cozile, și sub influența selecției utilitare, care tinde să le scurteze. Motivul pentru care există o tendință evolutivă către lungirea cozii este acela că, de fiecare dată când o femelă alege un mascul de tipul celor care îi sunt pe „plac", ea alege, grație asocierii nealeatoare a genelor, cópii ale exact aceloraşi gene care au determinat-o să facă alegerea. Așadar, în generația următoare, nu numai că masculii vor avea tendința să aibă cozi mai lungi, dar și femelele vor avea tendința să prefere cozile mai lungi. Nu e evident care dintre

aceste două procese crescătoare va avea ritmul cel mai rapid, generaţie după generaţie. Până acum am considerat cazul în care lungimea cozii creşte mai repede decât preferinţa. Să considerăm celălalt caz posibil, în care preferinţa creşte într-un ritm mai rapid decât însăşi lungimea cozii. Cu altecuvinte, cazul în care diferenţa alegerii creşte cu trecerea generaţiilor, şi nu scade, ca în paragrafele anterioare.

Aici consecinţele teoretice sunt şi mai stranii decât înainte. În loc de *feedback* negativ, avem un *feedback* pozitiv. Odată cu trecerea generaţiilor, cozile devin mai lungi, dar dorinţa femelei pentru cozi lungi creşte într-un ritm şi mai rapid. Aceasta înseamnă că, teoretic, cozile se vor lungi şi mai mult, într-un ritm accelerat pe măsura trecerii timpului. Teoretic, cozile vor continua să se lungească şi dacă ajung să aibă 10 kilometri. Desigur, în practică regulile jocului se vor fi schimbat cu mult înainte să se atingă aceste lungimi absurde, la fel cum motorul nostru cu regulator Watt inversat nu poate ajunge *de fapt* la milioane de turaţii pe secundă. Dar, deşi trebuie să punem un bemol la concluziile modelului matematic atunci când ajungem la extreme, ele se pot dovedi corecte în limitele condiţiilor plauzibile din punct de vedere practic.

Acum, cu 50 de ani mai târziu, putem înţelege ce a vrut să spună Fisher când a afirmat plin de îndrăzneală că „e limpede că viteza de dezvoltare va fi proporţională cu dezvoltarea deja obţinută şi va creşte deci exponenţial, sau în progresie geometrică, cu timpul". Raţionamentul lui a fost fără îndoială acelaşi cu al lui Lande când a spus: „Dezvoltarea penajului la mascul şi preferinţa sexuală pentru asemenea dezvoltare la femelă trebuie prin urmare să avanseze împreună, iar, atâta timp cât procesul nu e stăvilit de o contraselecţie fermă, el va progresa cu o viteză din ce în ce mai mare."

Faptul că Fisher şi Lande au ajuns amândoi prin raţionament matematic la aceeaşi concluzie uimitoare nu înseamnă că teoria lor e o reflectare corectă a ceea ce se întâmplă în natură. E posibil, după cum spunea geneticianul Peter O'Donald de la Universitatea Cambridge, unul dintre marii specialişti în teoria selecţiei sexuale, ca proprietatea modelului lui Lande de a conduce la evoluţii

galopante să fie de la bun început inclusă în presupunerile de la care porneşte, astfel încât e imposibil să nu iasă la iveală într-un mod banal la celălalt capăt al raţionamentului matematic. Unii teoreticieni, între care Alan Grafen şi W.D. Hamilton, preferă teorii alternative în care alegerea făcută de femelă are într-adevăr un efect benefic asupra progeniturilor sale, în sens utilitar şi eugenic. Teoria la care cei doi au colaborat susţine că păsările femele acţionează ca nişte medici care pun diagnosticul, alegând acei masculi care par cel mai puţin susceptibili de a avea paraziţi. Penajul strălucitor, conform ingenioasei teorii a lui Hamilton, este felul în care masculul îşi semnalează grăitor starea de sănătate.

Ne-ar lua prea mult timp dacă am intra în detalii pentru a explica importanţa teoretică a paraziţilor. Pe scurt, problema tuturor teoriilor „eugenice" privind alegerea femelei a fost mereu următoarea. Dacă femelele ar putea într-adevăr alege cu succes masculii cu cele mai bune gene, succesul lor ar restrânge gama disponibilă pentru alegerile viitoare: în cele din urmă, dacă ar exista prin preajmă numai gene bune, alegerea nu ar mai avea sens. Paraziţii înlătură această obiecţie teoretică. Motivul este că, după Hamilton, între paraziţi şi gazde are loc o neîncetată cursă *ciclică* a înarmărilor. Aceasta, la rândul ei, face ca genele „cele mai bune" dintr-o generaţie de păsări să nu fie aceleaşi cu genele cele mai bune din generaţiile următoare. Ceea ce poate combate generaţia actuală de paraziţi nu are eficienţă împotriva următoarei generaţii de paraziţi, care evoluează. Prin urmare, vor exista mereu anumiţi masculi care se întâmplă să fie mai bine echipaţi genetic decât alţii pentru a combate recolta curentă de paraziţi. Femelele pot deci oferi mereu un avantaj progeniturilor prin alegerea celor mai sănătoşi masculi din generaţia curentă. Singurele criterii *generale* pe care le pot folosi generaţiile succesive de femele sunt indiciile pe care le-ar folosi orice veterinar – ochii strălucitori, penajul lucios şi aşa mai departe. Doar masculii cu adevărat sănătoşi pot etala aceste simptome ale sănătăţii, prin urmare selecţia îi favorizează pe acei masculi care le etalează din plin, ba chiar exagerează prin cozi lungi şi răsfirate în evantai.

Însă teoria paraziţilor, deşi s-ar putea dovedi corectă, nu face obiectul capitolului meu despre „explozii". Întorcându-ne la teoria Fisher–Lande, avem nevoie acum de dovezi privind animalele reale. Cum ar trebui să căutăm dovezile? Ce metode am putea folosi? Malte Andersson, din Suedia, a găsit o abordare promiţătoare. Întâmplarea face ca el să fi studiat aceeaşi pasăre pe care eu am folosit-o pentru ilustrarea ideilor teoretice, pasărea indigo cu coadă lungă, observată de el în habitatul ei natural din Kenya. Andersson şi-a putut efectua experimentele graţie unui produs recent apărut: lipiciul Superglue. El s-a gândit în felul următor: dacă e adevărat că lungimea reală a cozii masculilor este un compromis între optimul utilitar şi ceea ce vor cu adevărat femelele, înseamnă că putem face ca un mascul să fie extrem de atrăgător înzestrându-l cu o coadă foarte lungă. Aici intervine lipiciul. Voi prezenta pe scurt experimentul lui Andersson, fiindcă e un excelent exemplu de strategie experimentală.

Andersson a prins 36 de masculi de păsări indigo şi i-a împărţit în nouă grupuri de câte patru. Fiecare grup de patru a fost tratat în mod asemănător. Unui membru al fiecărui grup de patru (ales la întâmplare pentru a evita vreo influenţă inconştientă) i se scurta coada cu 14 centimetri. Porţiunea îndepărtată era lipită de coada celui de-al doilea membru al grupului. Prin urmare primul avea o coadă scurtată artificial, iar al doilea o coadă lungită artificial. Celei de-a treia păsări i se lăsa coada neatinsă, pentru comparaţie. Iar celei de-a patra păsări i se lăsa coada la aceeaşi lungime, dar nu neatinsă. Vârfurile penelor ei erau tăiate şi lipite apoi la loc. Poate părea un exerciţiu fără sens, dar este un bun exemplu pentru cât de atenţi trebuie să fim în plănuirea experimentelor. S-ar fi putut ca manevrele efectuate asupra cozii sau faptul că a fost prinsă şi ţinută în mână de un om să afecteze pasărea mai mult decât însăşi modificarea lungimii cozii. Al patrulea membru al grupului avea rolul de a verifica dacă apar asemenea efecte.

Ideea era de a compara succesul la împerechere al fiecărei păsări cu cel al colegelor ei tratate diferit din cadrul aceluiaşi grup de patru. După ce suferise unul dintre cele patru tratamente posibile,

fiecărui mascul i se permitea să-şi reia vechiul teritoriu. Aici îşi continua activitatea normală de atragere a femelelor în teritoriul lui, urmau împerecherea, construirea cuibului şi depunerea ouălor. Întrebarea era care dintre cei patru membri ai grupului avea cel mai mare succes în atragerea femelelor. Andersson a măsurat acest lucru nu prin observarea directă a femelelor, ci numărând la urmă cuiburile care conţineau ouă din teritoriul fiecărui mascul. El a descoperit că masculii cu coada artificial alungită au atras de aproape patru ori mai multe femele decât masculii cu coada artificial scurtată. Cei cu cozi de lungimi normale au avut succese intermediare.

Rezultatele au fost analizate statistic pentru a elimina hazardul. Concluzia a fost că, dacă atragerea femelelor ar fi singurul criteriu, masculii s-ar descurca mai bine dacă ar avea cozi mai lungi decât în realitate. Cu alte cuvinte, selecţia sexuală trage (în sens evolutiv) constant în direcţia alungirii cozilor. Faptul că în realitate cozile sunt mai scurte decât şi-ar dori femelele sugerează că trebuie să existe presiunea unei alte selecţii, care le menţine mai scurte. Aceasta e selecţia „utilitară". Masculii cu cozi deosebit de lungi e mai probabil să moară decât aceia cu cozi de dimensiune normală. Din păcate, Andersson nu a avut timp să urmărească soarta ulterioară a masculilor pe care i-a cosmetizat. Dacă ar fi avut, predicţia ar fi fost că masculii cu cozi lipite cu adeziv ar fi trebuit, în medie, să moară mai tineri decât masculii normali, probabil din pricina vulnerabilităţii mai mari în faţa prădătorilor. Pe de altă parte, masculii cu cozi scurtate artificial ar fi trebuit să trăiască mai mult decât masculii normali. Aceasta datorită faptului că lungimea normală a cozii se presupune a fi un compromis între optimul selecţiei sexuale şi optimul utilitar. Se poate presupune că păsările cu cozile scurtate artificial se află mai aproape de optimul utilitar, şi prin urmare ar trebui să trăiască mai mult. Toate acestea au însă un caracter puternic speculativ. Dacă principalul dezavantaj utilitar al unei cozi lungi s-ar dovedi a fi costul economic al creşterii ei, masculii care s-au trezit cu o coadă lungă în mod gratuit, cadou de la Andersson, nu ar trebui să moară prea tineri.

Am scris aceste lucruri pornind de la ideea că preferinţa femelelor va tinde să tragă cozile şi alte ornamente în direcţia măririi lor. În teorie, după cum am văzut mai sus, nu există nici un motiv pentru care preferinţa femelelor să nu împingă lucrurile în direcţia total opusă, de pildă în direcţia scurtării, nu alungirii cozilor. Pitulicea are o coadă atât de scurtă şi de groasă, încât ne-am putea întreba dacă nu cumva e mai scurtă decât s-ar „cuveni" pentru scopuri pur utilitare. Competiţia între masculii de pitulice e intensă, după cum ne indică nivelul sonor al cântecului lor. Asemenea cântat trebuie să fie costisitor, iar despre masculul de pitulice se spune că literalmente cântă până la moarte. Masculii de succes au mai mult de o femelă în teritoriile lor, la fel ca păsările indigo. Într-un climat atât de competitiv ne putem aştepta la un fenomen de *feedback* pozitiv. Reprezintă oare coada scurtă a pitulicii rezultatul final al unui proces evolutiv de micşorare?

Lăsând deoparte pitulicile, cozile păunilor, ale păsărilor indigo şi ale păsărilor paradisului, cu extravaganţa lor ţipătoare, e foarte plauzibil să fie rezultatele finale ale unei evoluţii explozive, în spirală, prin *feedback* pozitiv. Fisher şi urmaşii lui din zilele noastre ne-au arătat cum trebuie să se fi petrecut acest lucru. E oare această idee legată strict de selecţia sexuală, sau putem găsi analogii convingătoare şi cu alte tipuri de evoluţie? Merită să ne punem întrebarea, fie şi pentru faptul că există aspecte ale propriei noastre evoluţii care par să aibă un caracter exploziv, în special creşterea impresionantă în volum a creierului în ultimele câteva milioane de ani. S-a sugerat că acest fapt s-ar datora chiar selecţiei sexuale, inteligenţa fiind un caracter dezirabil din punct de vedere sexual (sau anumite manifestări ale inteligenţei, cum ar fi capacitatea de a-ţi aminti paşii unui lung şi complicat dans ritual). Dar e posibil ca dimensiunea creierului să fi explodat sub influenţa unui alt tip de selecţie, analogă, dar nu identică selecţiei sexuale. Cred că ar fi util să facem distincţia între cele două niveluri ale posibilei analogii cu selecţia sexuală, o analogie slabă şi una puternică.

Analogia slabă spune următoarele. Orice proces evolutiv în care rezultatul final al unui pas evolutiv stabileşte baza pentru următorul

pas este potențial progresiv, uneori chiar exploziv. Am mai întâlnit această idee în capitolul anterior, sub forma „cursei înarmărilor". Fiecare îmbunătățire evolutivă în structura prădătorului impune noi presiuni asupra prăzii și prin urmare determină prada să devină mai abilă în evitarea prădătorilor. La rândul ei, aceasta crește presiunea asupra prădătorilor pentru a se perfecționa, iar totul escaladează într-o nesfârșită spirală. După cum am văzut, e posibil ca nici prădătorii și nici prada să nu obțină neapărat ca rezultat o rată de succes mai mare, fiindcă și inamicii lor se perfecționează în același timp. Dar atât prăzile, cât și prădătorii devin din ce în ce mai bine *echipați*. Aceasta e prin urmare analogia slabă cu selecția sexuală. Analogia puternică pornește de la observația că esența teoriei Fisher–Lande e un fenomen de tip „barbă verde" prin care genele pentru alegere ale femelelor tind automat să aleagă cópii ale *lor însele*, proces care tinde automat să devină exploziv. Nu e limpede dacă există alte exemple pentru acest tip de fenomen decât selecția sexuală.

Bănuiesc că locul unde ar trebui să căutăm analogii cu evoluția explozivă a selecției sexuale e evoluția culturii umane. Aceasta deoarece și aici alegerea ține de capriciu, iar o asemenea alegere poate fi supusă „modei" sau efectului „majoritatea învinge întotdeauna". E momentul să-mi reînnoiesc avertismentul cu care am început capitolul. „Evoluția" culturală nu e tocmai evoluție în sensul strict al cuvântului, dar cele două au suficient de multe în comun pentru a justifica o comparație de principiu. Pentru aceasta, nu trebuie să ne lăsăm orbiți de deosebiri. Să ne oprim puțin asupra problemei înainte de a ne întoarce la tema spiralelor explozive.

S-a observat adesea – și oricine poate vedea asta – că există ceva cvasievolutiv în multe aspecte ale istoriei omenirii. Dacă cercetați un anumit aspect al vieții umane – de pildă, stadiul cunoașterii științifice, genul de muzică la modă, moda vestimentară sau vehiculele de transport – la intervale regulate, un secol sau chiar un deceniu, veți descoperi că există *tendințe*. Dacă luăm trei eșantioane la momentele succesive A, B și C, atunci a spune că există o tendință e totuna cu a spune că măsurătoarea făcută la momentul

B se va situa între măsurătorile făcute la momentele A şi C. Deşi există excepţii, toată lumea va fi de acord că acest gen de tendinţe caracterizează multe aspecte ale vieţii civilizate. Evident, direcţiile tendinţelor se inversează uneori (de pildă, lungimea fustelor), dar acest lucru e valabil şi pentru evoluţia genetică.

Multe tendinţe, în special tendinţele din tehnologia destinată scopurilor practice privită ca opusul modelor frivole, pot fi considerate, fără a aduce în discuţie judecăţile de valoare, *îmbunătăţiri*. Nu încape nici o îndoială, de exemplu, că vehiculele s-au îmbunătăţit constant şi ireversibil în ultimii 200 de ani, trecând de la vehicule trase de cai la vehicule acţionate de abur şi culminând în prezent cu avioanele supersonice. Folosesc cuvântul „îmbunătăţire" într-un sens neutru. Nu vreau să spun că toată lumea e de acord că s-a îmbunătăţit calitatea vieţii ca rezultat al acestor schimbări; cu unul mă îndoiesc de multe ori. Nici nu vreau să neg ideea larg acceptată că nivelul de viaţă al proletarilor a *scăzut* pe măsură ce producţia de masă i-a înlocuit pe meşteşugarii destoinici. Dar privind mijloacele de transport doar din punctul de vedere al *transportului*, acela de a ajunge dintr-o parte a lumii într-alta, nu putem nega tendinţa istorică spre un anumit tip de îmbunătăţire, fie doar şi îmbunătăţirea vitezei. La fel, pe o scară a timpului de decenii sau chiar de ani, apare o incontestabilă îmbunătăţire a calităţii echipamentului de amplificare a sunetului de înaltă fidelitate, chiar dacă ne spunem uneori că am fi trăit mai liniştiţi dacă amplificatorul n-ar fi fost inventat. Nu e vorba că gusturile noastre s-ar fi schimbat; este un fapt măsurabil şi obiectiv că fidelitatea reproducerii e mai bună acum decât în 1950, iar în 1950 era mai bună decât în 1920. Calitatea reproducerii imaginii e fără îndoială mai bună la televizoarele moderne decât la cele mai vechi, dar lucrul nu e neapărat valabil în privinţa calităţii emisiunilor. Calitatea maşinilor pentru ucis în război prezintă o tendinţă spectaculoasă spre îmbunătăţire – ele pot să omoare mai mulţi oameni şi mai rapid odată cu trecerea anilor. Sensul în care aceasta nu e o îmbunătăţire este evident.

Nu încape nici o îndoială că în sens strict tehnic lucrurile merg din ce în ce mai bine. Dar această afirmație e evident adevărată numai în privința lucrurilor de utilitate tehnică precum avioanele și calculatoarele. Există multe alte aspecte ale vieții umane care prezintă tendințe, fără ca aceste tendințe să fie neapărat îmbunătățiri. Limbile evoluează divergent, iar cu trecerea secolelor devin într-o măsură tot mai mare reciproc neinteligibile. Numeroasele insule din Pacific constituie un excelent laborator pentru studiul evoluției limbilor. Limbile din diferitele insule seamănă evident între ele, iar deosebirile pot fi măsurate precis prin numărul de cuvinte diferite de la una la alta, o măsurătoare care seamănă mult cu măsurătorile taxonomice despre care vom vorbi în capitolul 10. Diferențele dintre limbi, măsurate prin numărul de cuvinte divergente, pot fi reprezentate pe un grafic în funcție de distanțele dintre insule măsurate în mile, și se dovedește că punctele din grafic descriu o curbă a cărei formă matematică ne spune ceva despre ritmul în care populația s-a răspândit de la o insulă la alta. Cuvintele au călătorit cu barca, sărind din insulă în insulă la intervale proporționale cu gradul de depărtare al insulei. În cadrul fiecărei insule, cuvintele suferă transformări în ritm constant, cam la fel cum genele suferă din când în când mutații. O insulă, dacă e complet izolată, prezintă transformări evolutive ale limbii cu trecerea timpului, deci apare o anume divergență în raport cu limbile celorlalte insule. Pentru insulele apropiate, ritmul în care cuvintele circulă între ele e, desigur, mai mare decât pentru insulele îndepărtate. Limbile lor au de asemenea un strămoș comun mai recent decât limbile insulelor îndepărtate. Aceste fenomene, care explică tiparul asemănărilor între insulele apropiate și între cele îndepărtate, ne duc cu gândul la observațiile revelatoare ale lui Charles Darwin privind cintezele de pe diferite insule din arhipelagul Galapagos. Genele sar de la insulă la insulă prin corpurile păsărilor la fel cum cuvintele sar de la insulă la insulă prin bărci.

Așadar, limbile evoluează. Dar, deși engleza modernă a evoluat din engleza de pe vremea lui Chaucer, nu cred că s-ar găsi prea mulți să afirme că engleza modernă e o îmbunătățire a englezei

de pe vremea lui Chaucer. Când vorbim despre limbi nu ne gândim de regulă la „îmbunătăţire" sau la „calitate". De multe ori privim schimbarea ca pe o deteriorare, ca pe o degradare. Tindem să considerăm că vechile sensuri sunt cele corecte, iar schimbările recente sunt alterări. Şi totuşi detectăm tendinţe de tip evolutiv care reprezintă un progres în sens pur abstract, rupt de orice judecată de valoare. Putem chiar găsi mărturii ale *feedback*-ului pozitiv sub forma amplificărilor (sau, privind din alt punct de vedere, a degenerărilor) semnificaţiei. De pildă, cuvântul „star" [stea] a fost folosit pentru a desemna un actor de film de excepţională celebritate. El a degenerat apoi, fiind atribuit unui actor obişnuit care a avut un rol principal într-un film. Prin urmare, pentru a recupera sensul iniţial al celebrităţii excepţionale, cuvântul a trebuit să se amplifice la „superstar". Mai târziu, publicitatea studiourilor cinematografice a început să folosească cuvântul „superstar" pentru actori de care multă lume nu auzise niciodată, deci a urmat o altă amplificare la „megastar". Acum există câteva „megastaruri" de care eu cel puţin n-am auzit niciodată, aşa încât poate că ar fi nevoie de o nouă amplificare. Vom auzi oare în curând de „hiperstaruri"? Un *feedback* pozitiv asemănător a devalorizat cuvântul „chef". El provine, desigur, din franţuzescul „chef de cuisine", însemnând bucătar-şef. Acesta e sensul dat de Dicţionarul Oxford. Dar, prin definiţie, nu poate exista decât un singur şef la bucătărie. Atunci, pesemne pentru a-şi satisface orgoliul, bucătarii obişnuiţi (bărbaţi), ba chiar şi tinerii care prepară hamburgeri, au început să se numească „chef". Rezultatul e că acum se aude frecvent sintagma tautologică „head chef" [şef conducător]!

Dar, dacă se poate face aici o analogie cu selecţia sexuală, aceasta funcţionează, în cel mai bun caz, doar în sensul pe care l-am numit „slab". Daţi-mi voie să trec acum direct la candidatul pe care îl consider cel mai nimerit pentru o analogie „puternică": lumea muzicii pop. Dacă ascultaţi o discuţie între fanii muzicii pop sau sporovăiala de la radio a DJ-ilor americani, veţi descoperi un lucru foarte ciudat. În timp ce alte genuri de critică de artă trădează o anume preocupare pentru stil sau talent interpretativ, pentru starea

de spirit, impactul emoţional sau pentru însuşirile formei artistice, subcultura muzicii pop este aproape exclusiv preocupată de *popularitatea în sine*. E destul de limpede că lucrul cel mai important la un disc nu e felul în care sună, ci *câţi oameni îl cumpără*. Întreaga subcultură e obsedată de ierarhia discurilor, numită Top 20 sau Top 40, care se bazează doar pe cifrele de vânzări. Lucrul care contează cu adevărat pentru un disc e locul lui în Top 20. Dacă stăm bine să ne gândim, e un fapt straniu, foarte interesant dacă avem în vedere teoria lui R.A. Fisher privind evoluţia galopantă. Probabil că e de asemenea semnificativ faptul că un DJ rareori menţionează poziţia curentă a unui disc în topuri fără a ne spune şi care era poziţia în săptămâna precedentă. Asta îi permite ascultătorului să aprecieze nu doar popularitatea actuală a unui disc, dar şi ritmul şi direcţia în care se *schimbă* popularitatea lui.

Se pare că mulţi oameni vor cumpăra un disc doar pentru că numeroşi alţi oameni îl cumpără sau e probabil s-o facă. Există dovezi clare că producătorii de discuri îşi trimit reprezentanţii în magazinele importante pentru a cumpăra numeroase exemplare din propriile discuri cu scopul de a împinge cifrele de vânzări în zona de unde pot „decola". (Acest lucru nu e chiar atât de greu de făcut, pentru că cifrele din Top 20 se bazează pe vânzările unui mic eşantion de magazine de discuri. Dacă ştiţi care sunt aceste magazine-cheie, nu trebuie să cumpăraţi foarte multe discuri de acolo pentru a produce un impact important asupra estimării vânzărilor la scară naţională. Se ştie de asemenea că destui vânzători din magazinele-cheie sunt mituiţi.)

Într-o mai mică măsură, acelaşi fenomen al popularităţii generate de popularitate e bine cunoscut în lumea editorială, a modei feminine şi a publicităţii. Unul dintre cele mai importante lucruri pe care un agent de publicitate îl poate spune despre un produs este că e cel mai bine vândut din gama sa. Săptămânal se publică liste de bestselleruri şi e desigur adevărat că, imediat ce o carte se vinde în suficient de multe exemplare pentru a apărea pe vreo listă, vânzările sale cresc şi mai mult pur şi simplu din acest motiv. Editorii vorbesc despre „decolarea" unei cărţi, iar cei cu oarecari cunoştinţe ştiinţifice, chiar despre „masa critică pentru decolare".

Comparaţia se face aici cu bomba atomică. Uraniul-235 e stabil atâta timp cât nu se află în cantităţi prea mari la un loc. Există o masă critică, iar odată ce a fost depăşită se declanşează o reacţie în lanţ, un proces galopant cu consecinţe devastatoare. O bombă atomică conţine două bucăţi de uraniu-235, ambele având masa mai mică decât masa critică. Când bomba e detonată, cele două bucăţi intră în contact, masa critică e depăşită, iar rezultatul e sfârşitul unui oraş de dimensiuni medii. Când vânzările unei cărţi ating „masa critică", recomandările care se răspândesc din gură în gură provoacă o creştere subită a vânzărilor de tip galopant. Ritmurile vânzărilor devin brusc mult mai mari decât erau înainte de atingerea masei critice şi poate exista o perioadă de creştere exponenţială înainte de inevitabila plafonare urmată de declin.

Mecanismele care se află în spatele acestor fenomene nu sunt greu de înţeles. În esenţă, avem de a face aici cu alte exemple de *feedback* pozitiv. Calităţile reale ale unei cărţi sau chiar ale unui disc pop nu sunt neglijabile în influenţarea vânzărilor, dar, oriunde apare *feedback*-ul pozitiv, trebuie să existe un puternic element arbitrar ce hotărăşte care disc sau carte are succes şi care nu. Dacă masa critică şi decolarea sunt elemente importante în orice poveste de succes, trebuie să existe de asemenea mult noroc şi multă manipulare din partea celor care înţeleg sistemul. De pildă, merită să cheltuiţi o sumă considerabilă pentru a promova o carte sau un disc până la punctul în care ating „masa critică", fiindcă apoi nu va mai fi nevoie să cheltuiţi mulţi bani pentru promovare: *feedback*-urile pozitive intră în acţiune şi fac singure toată munca de publicitate.

Aceste *feedback*-uri pozitive au ceva în comun cu cele ale selecţiei sexuale din teoria Fisher–Lande, dar există şi diferenţe. Păuniţele care preferă păunii cu coada lungă sunt favorizate doar pentru că alte femele au aceeaşi preferinţă. Însuşirile masculului sunt arbitrare şi irelevante. În acest sens, cel care îşi doreşte un anumit disc doar pentru că se află în Top 20 se comportă exact ca o păuniţă. Dar mecanismele prin care acţionează *feedback*-urile pozitive în aceste două cazuri sunt diferite. Iar aceasta, presupun, ne aduce înapoi la avertismentul de la începutul capitolului: analogiile nu trebuie împinse prea departe.

CAPITOLUL 9

Salturi mari şi salturi mici

Dacă ar fi să ne luăm după Biblie, copiilor lui Israel le-a luat 40 de ani pentru a traversa deşertul Sinai şi a ajunge în Ţara Făgăduinţei. Asta înseamnă o distanţă de vreo 300 de kilometri. Prin urmare, viteza lor medie a fost de vreo 20 de metri pe zi, ceea ce înseamnă cam 1 metru pe oră – dar de fapt vreo 3 metri pe oră, dacă ne gândim că au făcut popasuri pe timpul nopţii. Oricum am face calculele, avem de-a face cu o viteză medie de deplasare absurd de mică, mai mică decât proverbiala viteză a melcului (50 de metri pe oră este incredibilul record mondial al acestei specii, conform *Cărţii recordurilor*). Dar desigur nimeni nu crede cu adevărat că s-au deplasat constant cu viteza medie. E limpede că evreii au călătorit pe apucate, poposind pesemne mai mult în vreun loc înainte de a porni mai departe. Probabil că cei mai mulţi dintre ei nu aveau nici cea mai vagă idee că ar *călători* într-o direcţie bine stabilită, iar astfel au rătăcit îndelung din oază în oază, aşa cum se întâmplă cu păstorii nomazi ai deşertului. Repet, nimeni nu crede cu adevărat că s-au deplasat mereu cu viteza medie.

Să presupunem că intră în scenă doi tineri istorici care vorbesc cu multă convingere. Până acum istoriografia biblică, ne spun ei, a fost dominată de şcoala de gândire „gradualistă". Istoricii „gradualişti" cred literalmente că evreii au călătorit câte 20 de metri în fiecare zi; îşi strângeau corturile în fiecare dimineaţă, se târau 20 de metri spre est-nord-est, apoi îşi aşezau din nou corturile. Singura alternativă la „gradualism", ni se spune, este noua şi dinamica şcoală istorică a „punctuaţionismului"*. Conform tinerilor punctu-

* Termenul lui Dawkins – *punctuationism* (de la *to punctuate* = a întrerupe; *punctuated* = discontinuu) – a fost preluat ca atare. Echivalentul românesc ar fi ceva de genul „întrerupţionism". (*N. red.*)

aţionişti radicali, evreii şi-au petrecut cea mai mare parte a timpului în „stază"*, fără să se mişte deloc, poposind, adesea vreme de mai mulţi ani, în acelaşi loc. Ei se mutau apoi destul de repede într-un nou loc, unde îşi aşezau tabăra şi rămâneau iarăşi timp îndelungat. Înaintarea lor spre Ţara Făgăduinţei, în loc să fie treptată şi continuă, a fost intermitentă: lungi perioade de stază întrerupte de scurte perioade de mişcare rapidă. Mai mult, ei nu s-au deplasat întotdeauna în direcţia Ţării Făgăduinţei, ci în direcţii aproape aleatoare. Doar dacă privim retrospectiv la scara mare a tiparului *macromigraţional* putem vedea o tendinţă de deplasare în direcţia Ţării Făgăduinţei.

Istoricii biblici punctuaţionişti vorbesc cu atâta elocvenţă, încât intră în atenţia presei. Portretele lor se află pe copertele revistelor de mare tiraj. Nici un documentar de televiziune despre istoria biblică nu e complet fără un interviu cu cel puţin un punctuaţionist de frunte. Cei care nu cunosc mare lucru despre studiile biblice ştiu doar atât: în zilele negre dinaintea intrării în scenă a punctuaţioniştilor toată lumea se înşela. E de observat că valoarea publicitară a punctuaţioniştilor nu are nici o legătură cu faptul că ei ar putea avea dreptate. Ea derivă doar din afirmaţia că specialiştii mai vechi erau „gradualişti" şi se înşelau. Punctuaţioniştii sunt ascultaţi pentru că se pretind revoluţionari, nu pentru că au dreptate.

Desigur, povestea mea despre istoricii biblici punctuaţionişti nu e chiar adevărată. E parabola unei pretinse controverse între cercetătorii evoluţiei biologice. În unele privinţe analogia nu e corectă, dar conţine suficient adevăr pentru a justifica prezentarea ei la începutul acestui capitol. Există o şcoală de gândire cu mare impact în rândul biologilor evoluţionişti ai cărei reprezentanţi se autointitulează punctuaţionişti. Ei au inventat termenul „gradualist" pentru a-i caracteriza pe cei mai celebri predecesori ai lor. S-au bucurat de multă publicitate în rândul unor oameni care nu ştiu aproape nimic despre evoluţie, iar aceasta se explică în mare

* În medicină staza este oprirea sau încetinirea circulaţiei sângelui ori a secreţiilor interne în unele organe, iar în biologie, întârzierea creşterii în lungime a unui organ. (*N. red.*)

măsură prin faptul că punctul lor de vedere a fost prezentat, mai curând de alții decât de ei înșiși, ca fiind radical diferit de perspectivele evoluționiștilor precedenți, și în primul rând de cea a lui Charles Darwin. Până aici, analogia mea biblică e corectă.

Analogia nu e corectă fiindcă, în povestea istoricilor biblici, „gradualiștii" erau *în mod evident* oameni de paie inexistenți, fabricați de punctuaționiști. În cazul „gradualiștilor" evoluționiști, faptul că ei sunt oameni de paie inexistenți nu e la fel de evident. Trebuie demonstrat. Cuvintele lui Darwin și ale altor evoluționiști pot fi interpretate în sens gradualist, dar trebuie să observăm că termenul „gradualist" poate căpăta semnificații diferite. Am să dau o interpretare a cuvântului „gradualist" conform căreia aproape oricine e gradualist. În cazul evoluției, spre deosebire de parabola evreilor, există o controversă veritabilă, dar această controversă veritabilă se referă la detalii și nu justifică marele tapaj făcut în presă.

Printre evoluționiști, „punctuaționiștii" provin din rândul paleontologilor. Paleontologia e studiul fosilelor. E o ramură foarte importantă a biologiei pentru că toți strămoșii liniilor evolutive au murit cu mult timp în urmă, iar fosilele constituie singurele mărturii directe privind animalele și plantele din trecutul îndepărtat. Dacă vrem să știm cum arătau strămoșii noștri, fosilele sunt principala noastră speranță. Imediat ce oamenii au înțeles ce erau de fapt fosilele – școlile de gândire anterioare susținuseră că erau creații ale diavolului sau oasele păcătoșilor înecați în potop –, a devenit limpede că orice teorie a evoluției trebuie să aibă unele așteptări legate de catalogul fosilelor. Se punea însă problema care anume erau exact acele așteptări, iar în parte despre asta e vorba în disputa punctuacionistă.

Avem noroc că există fosile. E o formidabilă șansă a geologiei faptul că oasele, cochiliile și alte părți dure ale animalelor, înainte de a se descompune, își pot lăsa uneori amprenta ce constituie apoi o matriță care produce mulaje din roca în curs de întărire, mulaje ce reprezintă amintirea durabilă a animalului. Nu știm ce proporție din animale se fosilizează după moarte – eu cred că este o mare cinste să fii fosilizat –, dar cu siguranță ea e foarte mică. Oricât de mică

ar fi proporţia animalelor fosilizate, există anumite lucruri legate de mărturiile fosile în privinţa cărora evoluţioniştii trebuie să se aştepte să fie adevărate. De pildă, ar trebui să fim foarte surprinşi dacă am găsi fosile umane anterioare momentului în care se presupune că au apărut mamiferele! Dacă un singur craniu de mamifer ar apărea în roci vechi de 500 de milioane de ani, întreaga noastră teorie modernă asupra evoluţiei ar fi complet distrusă. În paranteză fie spus, acesta e un răspuns elocvent la ideea falsă lansată de creaţionişti şi de jurnaliştii care le cântă în strună conform căreia întreaga teorie a evoluţiei e o tautologie „nefalsificabilă".* Ironia soartei face ca acesta să fie şi motivul pentru care creaţioniştii sunt atât de preocupaţi de falsele urme de paşi sculptate în timpul crizei economice în straturile din Texas unde s-au găsit dinozauri, cu scopul de a-i păcăli pe turişti.

Dacă aranjăm în ordine fosilele veritabile, de la cea mai veche la cea mai recentă, teoria evoluţiei se aşteaptă să obţinem o serie ordonată, nu un amestec haotic. Diferitele versiuni ale teoriei evoluţiei, de pildă „gradualismul" şi „punctuaţionismul", ar putea face predicţii diferite în legătură cu tiparul acestor serii. Asemenea predicţii pot fi testate numai dacă avem o modalitate de *datare* a fosilelor, sau măcar dacă cunoaştem ordinea în care s-au depus. Problemele datării fosilelor şi soluţiile la aceste probleme necesită o scurtă digresiune, prima dintr-o serie pentru care îmi cer scuze în faţa cititorului. Ele sunt importante pentru lămurirea temei principale din acest capitol.

Ştim de multă vreme cum să aranjăm fosilele în ordinea în care s-au depus. Metoda e sugerată de însăşi sintagma „s-au depus". E evident că fosilele mai recente s-au depus deasupra celor mai vechi, şi nu sub ele, prin urmare se află deasupra lor în straturile geologice. Din când în când, activitatea vulcanică poate aşeza o bucată mare

* După Karl Popper, o teorie ştiinţifică nu poate fi „verificată", din moment ce e un enunţ universal. Teoriile nu pot fi decât „falsificate" – adică se pot găsi contraexemple care să le infirme. Prin urmare, o teorie care nu e „falsificabilă" (nu admite confruntarea cu experienţa) nu e de fapt o teorie ştiinţifică. (*N. red.*)

de rocă deasupra, iar atunci ordinea în care găsim fosilele pe măsură ce săpăm va fi inversată, dar acest lucru se întâmplă suficient de rar pentru a ne da seama de el atunci când apare. Chiar dacă rareori găsim un catalog istoric complet pe măsură ce săpăm în straturile geologice succesive dintr-o anumită zonă, putem aduna mărturii din zone diferite (de fapt, deşi vorbesc aici despre „săpături", paleontologii rareori sapă la propriu în straturile geologice; mai degrabă ei găsesc fosilele expuse de eroziune la diferite adâncimi). Cu mult înainte de a şti să dateze fosilele pe scara milioanelor de ani, paleontologii obţinuseră o schemă verosimilă a erelor geologice şi cunoşteau cu mare precizie succesiunea lor. Unele tipuri de cochilii indică vârsta rocilor cu atâta precizie, încât pe ele se bazează în mare măsură prospecţiunile petroliere. Dar ele în sine ne pot spune numai vârsta relativă a straturilor geologice, niciodată vârsta absolută.

Progresele din fizică ne-au pus apoi la dispoziţie metode pentru determinarea vârstei absolute, în milioane de ani, a rocilor şi fosilelor pe care ele le conţin. Aceste metode se bazează pe faptul că un anumit element radioactiv se dezintegrează într-un ritm bine precizat. E ca şi cum cronometre minuscule ar fi fost îngropate în roci. Fiecare cronometru a fost pornit în momentul în care s-a depus. Tot ce au de făcut paleontologii e să le dezgroape şi să citească timpul de pe cadran. Diferite tipuri de cronometre geologice bazate pe dezintegrarea radioactivă ticăie în ritmuri diferite. Cronometrul radiocarbonului ticăie într-un ritm rapid, atât de rapid, încât după câteva mii de ani mecanismul lui se opreşte, iar indicaţiile ceasului nu mai sunt demne de încredere. El e util pentru datarea materiilor organice la scara timpului arheologic şi istoric, unde avem de-a face cu sute sau mii de ani, dar nu poate fi folosit la scara de timp a evoluţiei, unde avem de-a face cu milioane de ani.

Pentru timpul evolutiv avem nevoie de alte ceasuri, cum e cel cu potasiu-argon. Ceasul cu potasiu-argon e atât de lent, încât e inutilizabil la scara timpului arheologic sau istoric. E ca şi cum am încerca să folosim limba ceasului care indică orele pentru a cronometra un atlet care sprintează într-o cursă de 100 de metri plat.

Pe de altă parte, pentru cronometrarea megamaratonului care e evoluţia ne trebuie un ceas exact cum e cel cu potasiu-argon. Alte „cronometre" radioactive, fiecare cu propriul său ritm, sunt cele cu rubidiu-stronţiu şi cu uraniu-toriu-plumb. Am aflat deci din această digresiune că, dacă un paleontolog găseşte o fosilă, el poate de regulă afla când a trăit animalul, pe o scară absolută a timpului întinsă pe milioane de ani. Vă amintesc că am abordat problema datării şi cronometrării pentru că vorbeam despre predicţiile diferitelor teorii ale evoluţiei – „punctuaţionism", „gradualism" etc. – privind mărturiile fosile. E momentul să spunem care sunt aceste predicţii.

Să presupunem mai întâi că natura ar fi fost extrem de binevoitoare cu paleontologii (sau poate răutăcioasă, dacă ne gândim la munca suplimentară implicată) şi le-ar fi oferit o fosilă a fiecărui animal care a trăit vreodată. Dacă am putea cerceta într-adevăr un asemenea catalog complet al fosilelor, aranjate cu atenţie în ordine cronologică, ce ar trebui noi, evoluţioniştii, să vedem? Ei bine, dacă suntem „gradualişti", în sensul caricaturizat de parabola evreilor, ne-am aştepta la ceva de tipul următor. Seriile cronologice de fosile vor prezenta mereu tendinţe evolutive domoale cu ritmuri fixe de modificare. Altfel spus, dacă avem trei fosile A, B şi C, A fiind strămoşul lui B şi B fiind strămoşul lui C, ar trebui să ne aşteptăm ca B să fie proporţional intermediar ca formă între A şi C. De pildă, dacă A are picioare lungi de 20 de centimetri, iar C picioare lungi de 40 de centimetri, atunci picioarele lui B trebuie să fie intermediare, lungimea lor exactă fiind proporţională cu timpul scurs între existenţa lui A şi a lui B.

Dacă împingem caricatura gradualismului la concluzia ei logică, la fel cum am calculat că viteza medie a evreilor era de 20 de metri pe zi, putem calcula ritmul mediu de lungire a picioarelor în linia evolutivă care duce de la A la C. Dacă presupunem că A a trăit cu 20 de milioane de ani înaintea lui C (pentru a ne face o imagine cât de cât realistă, cel mai vechi membru cunoscut al familiei calului, *Hyracotherium*, a trăit cu aproximativ 50 de milioane de ani în urmă şi avea dimensiunile unui terier), obţinem un ritm de creştere

evolutivă a lungimii picioarelor de 20 de centimetri în 20 de milioane de ani, adică o milionime de centimetru pe an. Caricatura unui gradualist ar crede pesemne că picioarele au crescut constant de-a lungul generațiilor în acest ritm extrem de lent – patru milionimi de centimetru pe generație, dacă presupunem că durata unei generații pentru o specie cum e calul este de aproximativ 4 ani. Gradualistul ar crede pesemne că, de-a lungul tuturor acestor milioane de generații, indivizii cu picioare mai lungi cu 4 milionimi de centimetru decât media s-ar afla în avantaj față de cei cu picioare de lungime medie. A crede așa ceva e ca și cum ai crede că evreii au călătorit în fiecare zi 20 de metri prin deșert.

Același lucru e adevărat chiar în cazul uneia dintre cele mai rapide transformări evolutive cunoscute, creșterea craniului uman de la un strămoș de tip *Australopithecus*, cu un volum al creierului de aproximativ 500 de centimetri cubi (cc), la *Homo sapiens*, cu un volum al creierului de aproximativ 1 400 cc. Această creștere de 900 cc, aproape o triplare a volumului creierului, a avut loc în doar trei milioane de ani. După standardele evolutive, e un ritm rapid de transformare: creierul pare să se fi umflat ca un balon, și într-adevăr, privit din anumite unghiuri, craniul uman modern seamănă cu un balon sferic bombat, în comparație cu craniul mai plat, teșit al unui *Australopithecus*. Dar, dacă numărăm generațiile scurse în trei milioane de ani (aproximativ patru pe secol, să zicem), ritmul mediu de evoluție e mai mic de o sutime de centimetru cub pe generație. Caricatura unui gradualist ar crede pesemne că a existat o transformare lentă și inexorabilă, generație după generație, așa încât în fiecare generație fiii să aibă creiere cu puțin mai mari decât tații, și anume cu 0,01 cc. Suplimentul de o sutime de centimetru cub va fi oferit pesemne fiecărei generații succesive un avantaj semnificativ în supraviețuire în raport cu generația precedentă.

Dar o sutime de centimetru cub e o cantitate infimă în comparație cu domeniul în care variază dimensiunile creierului la oamenii moderni. Este de pildă deseori citat faptul că scriitorul Anatole France – deloc prost, laureat al Premiului Nobel – avea un creier mai mic de 1 000 de cc, iar la celălalt capăt al spectrului se cunosc

creiere de 2 000 cc: cazul lui Oliver Cromwell e adesea dat ca exemplu, deşi nu ştiu dacă e real. Prin urmare, creşterea medie de 0,01 cc pe generaţie, care se presupune că din perspectiva caricaturii unui gradualist ar oferi avantaje importante în supravieţuire, reprezintă numai a suta mia parte din *diferenţa* între creierele lui Anatole France şi Oliver Cromwell! Noroc că nu există în realitate caricatura unui gradualist.

Ei bine, dacă acest gen de gradualist e o caricatură inexistentă – o moară de vânt pentru lăncile punctuaţioniştilor –, putem găsi oare un alt gen de gradualist care să existe în realitate şi să facă afirmaţii acceptabile? Voi demonstra că răspunsul e da şi că spectrul gradualiştilor, în acest al doilea sens, îi include pe toţi evoluţioniştii rezonabili, între care, dacă le cercetăm atent ideile, se numără şi aceia care se autointitulează punctuaţionişti. Dar trebuie să înţelegem de ce punctuaţioniştii au *crezut* că perspectiva lor e revoluţionară şi seducătoare. Punctul de plecare în discutarea acestor probleme e aparenta existenţă a „golurilor" în catalogul fosilelor, iar asupra acestor goluri ne vom concentra acum.

Începând cu Darwin, evoluţioniştii şi-au dat seama că, dacă aranjăm toate fosilele de care dispunem în ordine cronologică, ele *nu* prezintă un şir continuu de transformări greu perceptibile. Observăm fără îndoială tendinţe de modificare pe termen lung – picioarele se lungesc, craniile devin tot mai bombate etc. –, dar tendinţele, aşa cum apar ele în catalogul fosilelor, sunt de regulă convulsive, nu continue. Darwin şi cei mai mulţi dintre urmaşii lui au pus acest lucru în primul rând pe seama imperfecţiunii catalogului fosilelor. Darwin credea că un catalog complet al fosilelor, admiţând că am putea avea aşa ceva, ar prezenta modificări line, nu convulsive. Dar, din moment ce fosilizarea e atât de improbabilă, iar descoperirea fosilelor, încă mai improbabilă, e ca şi cum am avea un film din care lipsesc majoritatea cadrelor. Desigur, putem vedea o anumită mişcare când proiectăm filmul fosilelor, dar ea e mai sacadată decât într-un film cu Charlie Chaplin, fiindcă nici măcar cel mai vechi şi mai deteriorat film al lui Charlie Chaplin nu şi-a pierdut complet nouă zecimi din cadre.

În 1972, când au propus teoria echilibrelor discontinue*, paleontologii americani Niles Eldredge şi Stephen Jay Gould au lansat o ipoteză considerată de atunci încoace radical diferită. Ei au sugerat că de fapt catalogul fosilelor s-ar putea să nu fie atât de imperfect pe cât ne închipuim. Poate că „golurile" reflectă ceea ce s-a întâmplat în realitate, şi nu sunt consecinţele neplăcute, dar inevitabile, ale imperfecţiunii catalogului fosilelor. Poate că evoluţia a cunoscut într-adevăr izbucniri bruşte, întrerupând lungi perioade de „stază" în care n-a avut loc nici o transformare evolutivă într-o filiaţie dată.

Înainte de a ajunge la acele izbucniri bruşte la care s-au gândit ei, să ne oprim la alte sensuri ale sintagmei „izbucniri bruşte", la care în mod cert nu s-au gândit. Ele trebuie lămurite, deoarece au fost subiectul unor grave neînţelegeri. Eldredge şi Gould ar fi cu siguranţă de acord că unele goluri importante se datorează imperfecţiunilor din catalogul fosilelor. Şi sunt goluri foarte mari. De pildă, straturile de roci cambriene, de acum aproximativ 600 de milioane de ani, sunt cele mai vechi straturi în care se află grupurile majore de nevertebrate. Iar pe multe dintre ele le găsim deja într-un stadiu avansat de evoluţie încă de la prima lor apariţie. E ca şi cum ar fi fost pur şi simplu plantate acolo, fără nici o istorie evolutivă. Inutil să spun că această apariţie bruscă i-a încântat pe creaţionişti. Evoluţioniştii de toate felurile cred însă că e vorba de un gol imens în catalogul fosilelor, gol datorat faptului că din anumite motive foarte puţine fosile din perioade mai vechi de 600 de milioane de ani au dăinuit. Un motiv plauzibil ar fi acela că multe dintre aceste animale aveau corpurile alcătuite numai din părţi moi, fără cochilii sau oase care să se fosilizeze. Dacă eşti creaţionist îţi poţi închipui că e un argument născocit *ad hoc*. Ce vreau eu să spun aici este că, atunci când vorbim despre goluri de asemenea dimensiune, nu există nici o diferenţă între interpretările „punctuaţioniştilor" şi cele ale „gradualiştilor". Cele două şcoli de gândire îi dispreţuiesc în egală măsură pe aşa-numiţii creaţionişti ştiinţifici şi cad de acord

* În original, *theory of punctuated equilibria*. (*N. red.*)

asupra faptului că golurile *mari* sunt reale şi reprezintă imperfecţiuni veritabile ale catalogului fosilelor. Ele cad de acord şi asupra faptului că singura explicaţie alternativă pentru apariţia bruscă a atât de multe tipuri de animale complexe în era cambriană este creaţia divină, iar ambele şcoli de gândire respinge această alternativă.

Mai există şi un alt sens în care s-ar putea spune despre evoluţie că e „sacadată", dar care de asemenea nu e sensul propus de Eldredge şi Gould, cel puţin în majoritatea lucrărilor lor. E posibil ca anumite „goluri" aparente din catalogul fosilelor să reflecte într-adevăr schimbări bruşte într-o singură generaţie. E posibil ca într-adevăr să nu fi existat nici un fel de intermediari, iar schimbări evolutive mari să fi avut loc într-o singură generaţie. Un fiu poate fi atât de diferit de tatăl lui, încât să aparţină de fapt unei specii diferite. Ar putea fi un individ mutant, iar mutaţia să fie atât de mare, încât s-o putem numi macromutaţie. Teoriile evoluţiei care se bazează pe macromutaţie poartă numele de teorii ale „saltului". Din moment ce teoria echilibrelor discontinue e deseori confundată cu cele ale saltului, e important să vorbim aici despre salt şi să arătăm de ce nu poate fi un factor semnificativ în evoluţie.

Macromutaţiile – mutaţii cu efecte mari – se produc fără îndoială. Problema nu e dacă se produc, ci dacă joacă vreun rol în evoluţie, cu alte cuvinte dacă sunt înglobate în fondul comun de gene al unei specii sau sunt mereu eliminate de selecţia naturală. Un exemplu faimos de macromutaţie este „antennapaedia" la musculiţele de oţet. La o insectă normală antenele au ceva în comun cu picioarele, iar dezvoltarea lor în faza embrionară e similară. Deosebirile sunt însă la fel de mari, iar cele două tipuri de membre sunt folosite în scopuri diferite: picioarele pentru mers, antenele pentru pipăit, mirosit şi alte funcţii senzoriale. Musculiţele „antennapaedice" sunt nişte bizarerii la care antenele se dezvoltă la fel ca picioarele. Sau, altfel spus, sunt musculiţe care nu au antene, ci o pereche suplimentară de picioare care ies din alveolele unde ar trebui să se afle antenele. Aceasta e o mutaţie reală în sensul că rezultă dintr-o eroare în copierea ADN-ului. Musculiţele „antennapaedice" se pot chiar reproduce, cu condiţia să fie izolate în

laborator pentru a supraviețui până la vârsta adultă. În natură nu ar supraviețui mult, fiindcă mișcările lor sunt stângace, iar simțurile vitale, atrofiate.

Așadar, macromutațiile au într-adevăr loc. Dar joacă ele un rol în evoluție? Biologii „saltaționiști" cred că macromutațiile sunt un mijloc prin care se produc salturi mari în evoluție într-o singură generație. Richard Goldschmidt, pe care l-am mai întâlnit în capitolul 4, a fost un saltaționist veritabil. Dacă saltaționismul ar fi corect, „golurile" vizibile din catalogul fosilelor n-ar mai fi deloc goluri. Un saltaționist ar putea crede, de pildă, că tranziția de la *Australopithecus* cu fruntea teșită la *Homo sapiens* cu fruntea boltită a avut loc într-un singur pas macromutațional, într-o singură generație. Diferența dintre cele două specii e probabil mai mică decât diferența dintre o musculiță de oțet normală și o musculiță „antennapaedică" și teoretic e posibil ca primul *Homo sapiens* să fi fost un copil ciudat – probabil ostracizat și persecutat – având doi părinți normali din specia *Australopithecus*.

Există motive întemeiate de a respinge toate aceste teorii saltaționiste ale evoluției. Dacă o specie nouă ar fi apărut într-adevăr dintr-un singur pas mutațional, membrii noii specii și-ar fi găsit cu mare greutate parteneri. Acest motiv nu e însă la fel de grăitor și de interesant ca altele două care s-au prefigurat deja când am arătat de ce salturile mari din Țara Biomorfelor trebuie excluse. Primul dintre ele a fost observat de marele statistician și biolog R.A. Fisher, pe care l-am mai întâlnit în capitolele precedente. Fisher s-a opus ferm tuturor formelor de saltaționism, la vremea în care saltaționismul era mult mai la modă decât azi, și a folosit următoarea analogie. Închipuiți-vă, spune el, un microscop care focalizează aproape perfect, iar în celelalte privințe e bine reglat pentru o vedere clară. Care e probabilitatea ca, dacă schimbăm la întâmplare starea microscopului (ceea ce corespunde unei mutații), să îmbunătățim focalizarea și calitatea generală a imaginii? Fisher răspunde:

E limpede că orice manevră masivă ar avea o foarte mică probabilitate de a îmbunătăți reglajul, în timp ce în cazul unor modificări mult mai mici decât cele efectuate de producător sau de utilizator probabilitatea de îmbunătățire este de exact 50%.

Am văzut deja că ceea ce lui Fisher i se părea „limpede" altor savanți le cerea un efort intelectual colosal, iar același lucru e valabil și aici. Aproape de fiecare dată avea să se dovedească însă că Fisher a avut dreptate, iar în acest caz ne putem da seama și noi de asta fără un efort prea mare. Amintiți-vă că microscopul e aproape corect focalizat înainte de a începe. Să presupunem că lentila se află puțin mai jos decât ar trebui să fie pentru o focalizare perfectă, de pildă cu un milimetru mai aproape de lamelă. Dacă o deplasăm foarte puțin, să zicem cu o zecime de milimetru, într-o direcție aleatoare, care e probabilitatea ca focalizarea să se îmbunătățească? Ei bine, dacă se întâmplă s-o *coborâm* cu o zecime de milimetru, focalizarea se va înrăutăți. Dacă se întâmplă s-o *ridicăm* cu o zecime de milimetru, focalizarea se va îmbunătăți. Din moment ce o deplasăm într-o direcție aleatoare, probabilitatea în ambele cazuri e de 50%. Cu cât e mai mică deplasarea pentru reglare în raport cu eroarea inițială, cu atât probabilitatea de îmbunătățire se apropie mai mult de 50%. Astfel se explică partea a doua a afirmației lui Fisher.

Să presupunem acum că deplasăm lentila microscopului pe o distanță mare – echivalentul unei macromutații – tot într-o direcție aleatoare; o deplasăm, de pildă, cu un centimetru. De data asta nu mai contează dacă o deplasăm în sus sau în jos, oricum focalizarea se va înrăutăți. Dacă se întâmplă s-o deplasăm în jos, ea va fi la 1,1 cm de poziția ei ideală (și probabil că va fi spart lamela). Dacă se întâmplă s-o deplasăm în sus, ea va fi la 0,9 cm de poziția sa ideală. Înainte de deplasare, lentila se afla la doar un milimetru de poziția sa ideală, așa încât, în ambele cazuri, marea noastră deplasare „macromutațională" a fost un lucru rău. Calculele noastre au avut în vedere o deplasare foarte mare („macromutație") și o deplasare foarte mică („micromutație"). Evident, putem face aceleași calcule pentru valori intermediare ale deplasării, dar e inutil.

A devenit, cred, limpede că, cu cât deplasarea e mai mică, cu atât ne apropiem mai mult de cazul extrem în care probabilitatea de îmbunătățire este de 50%; și cu cât deplasarea e mai mare, cu atât ne apropiem de cazul extrem în care probabilitatea de îmbunătățire este nulă.

Cititorul a observat pesemne că acest raționament se întemeiază pe presupunerea inițială conform căreia microscopul era deja aproape de focalizarea perfectă înainte de a începe reglajele aleatoare. Dacă microscopul e defocalizat cu 2 cm, atunci o deplasare întâmplătoare de 1 cm are o probabilitate de 50% să reprezinte o îmbunătățire, la fel ca o deplasare aleatoare de o zecime de milimetru. În acest caz, „macromutația" pare a avea avantajul de a apropia microscopul mai repede de focalizare. Evident, raționamentul lui Fisher se aplică aici „megamutațiilor" de 6 cm, de pildă, într-o direcție aleatoare.

Pe ce se întemeiază atunci presupunerea inițială a lui Fisher că microscopul era la început aproape perfect focalizat? Presupunerea decurge din rolul jucat de microscop în analogie. După reglarea aleatoare, microscopul reprezintă un animal mutant. Înainte de reglare, microscopul reprezintă părintele normal, nemutant, al presupusului animal mutant. Din moment ce e părinte, trebuie să fi supraviețuit suficient de mult pentru a se reproduce, iar prin urmare nu poate fi foarte departe de un reglaj bun. De aceea, înainte de smuciturile aleatoare, microscopul nu poate fi foarte departe de focalizarea perfectă, căci altminteri animalul pe care îl reprezintă în analogie nu ar fi supraviețuit deloc. E doar o analogie și n-are sens să ne întrebăm dacă „foarte departe" înseamnă un centimetru, o zecime de centimetru sau o miime de centimetru. Important e că, dacă luăm în considerare mutații tot mai mari, ajungem într-un punct în care cu cât mutația e mai mare, cu atât e mai puțin probabil să fie benefică; în schimb, dacă luăm în considerare mutații tot mai mici, ajungem într-un punct în care probabilitatea ca mutația să fie benefică este de 50%.

Pentru a stabili dacă macromutațiile de genul „antennapaediei" pot aduce vreun avantaj (sau măcar pot să nu fie dăunătoare), iar astfel să declanșeze transformări evolutive, trebuie deci să vedem

cât de „macro" e mutaţia considerată. Cu cât e mai „macro", cu atât e mai probabil să fie dăunătoare şi mai puţin probabil să fie încorporată în evoluţia unei specii. De fapt, practic toate mutaţiile studiate în laboratoarele de genetică – mutaţii destul de „macro", fiindcă altminteri geneticienii nu le-ar putea observa – sunt dăunătoare animalelor care le suferă (culmea e că am întâlnit oameni care cred că acesta e un argument *împotriva* darwinismului!). Raţionamentul lui Fisher legat de microscop ne face deci să fim sceptici faţă de teoriile evoluţiei în salturi, cel puţin în forma lor extremă.

Un alt motiv general de a nu crede în salturi e tot de natură statistică, iar forţa lui depinde cantitativ de *cât de* „macro" e mutaţia pe care o postulăm. În acest caz e vorba de complexitatea transformărilor evolutive. Multe dintre transformările evolutive care ne interesează, dar nu toate, sunt progrese în complexitatea proiectului. Exemplul extrem al ochiului, prezentat în capitolele anterioare, ne poate lămuri. Animalele care au ochi ca ai noştri au evoluat din strămoşi care nu aveau deloc ochi. Un „saltaţionist" radical ar putea postula că evoluţia a avut loc într-un singur pas mutaţional. Un părinte nu a avut deloc ochi, ci doar piele acolo unde ar putea fi ochii. A dat naştere unei progenituri bizare cu ochii complet dezvoltaţi, cu cristalin, iris şi retină cu milioane de fotocelule pentru trei culori, toate perfect conectate prin nervi la creier, aşa încât să aibă o vedere în culori, corectă, binoculară şi stereoscopică.

În modelul biomorfelor am presupus că acest tip de îmbunătăţire multidimensională nu poate avea loc. Să ne amintim de ce era o presupunere rezonabilă. Pentru a crea un ochi din nimic e nevoie nu doar de o singură îmbunătăţire, ci de un număr mare de îmbunătăţiri. Oricare din aceste îmbunătăţiri e destul de improbabilă, dar nu imposibilă. Cu cât e mai mare numărul de îmbunătăţiri simultane pe care le luăm în considerare, cu atât e mai improbabil ca ele să apară simultan. Coincidenţa apariţiei lor simultane e echivalentă cu a străbate în salt o distanţă mare din Ţara Biomorfelor şi a ateriza într-un anume loc dinainte stabilit. Dacă alegem să luăm în considerare un număr suficient de mare de îmbunătăţiri, apariţia lor concomitentă este atât de improbabilă, încât e practic imposibilă.

Am explicat deja pe larg acest lucru, dar e util să facem o distincție între două tipuri de macromutații ipotetice, ambele *părând* să fie interzise de argumentul complexității, când de fapt doar una dintre ele e interzisă de acest argument. Le numesc, din motive care vor deveni clare, macromutațiile „Boeing 747" și macromutațiile „DC8 alungit".

Macromutațiile „Boeing 747" sunt acelea cu adevărat interzise de argumentul complexității menționat mai sus. Numele lor se leagă de astronomul Fred Hoyle și de celebra sa neînțelegere privind teoria selecției naturale. El a comparat selecția naturală, în pretinsa ei improbabilitate, cu un uragan care se abate asupra unui depozit de fiare vechi și izbutește din pură șansă să asambleze un Boeing 747. După cum am văzut în capitolul 1, e o analogie care nu se aplică în nici un caz selecției naturale, dar se aplică foarte bine ideii că anumite tipuri de macromutații conduc la transformări evolutive. Într-adevăr, greșeala fundamentală a lui Hoyle a fost că a crezut (fără să-și dea seama de asta) că teoria selecției naturale se bazează pe macromutație. Ideea unei singure macromutații care face să apară un ochi în stare de perfectă funcționare, cu proprietățile enumerate mai sus, acolo unde înainte se afla numai piele e într-adevăr la fel de improbabilă ca un uragan care asamblează un Boeing 747. De aceea numesc acest tip de macromutație ipotetică macromutația Boeing 747.

Macromutațiile „DC8 alungit" sunt mutații care, deși pot fi mari în amploarea efectelor, se dovedesc a nu fi mari în privința complexității lor. „DC8 alungit" e un avion construit prin modificarea unui avion anterior, DC8. Seamănă cu DC8, dar are un fuselaj mai lung. A reprezentat o îmbunătățire cel puțin dintr-un punct de vedere: poate transporta mai mulți pasageri decât DC8. Alungirea e importantă, iar în acest sens e analogă unei macromutații. Și mai interesant e că, la prima vedere, această creștere în lungime e una complexă. Pentru a alungi fuselajul unui avion nu e suficient să adăugăm o lungime suplimentară la fuselaj. Trebuie de asemenea să alungim nenumărate conducte, cabluri, tuburi de aer și fire electrice. Trebuie să amplasăm mai multe scaune, scrumiere, veioze,

selectoare pentru 12 canale de muzică şi duze de aer. La prima vedere, s-ar părea că un DC8 alungit e mult mai complex decât un DC8 normal, dar oare e chiar aşa? Răspunsul e nu, cel puţin în măsura în care „noile" lucruri din avionul alungit sunt doar „altele de acelaşi fel". Biomorfele din capitolul 3 prezintă frecvent macromutaţii de genul lui DC8 alungit.

Ce legătură e între toate acestea şi mutaţiile animalelor reale? Răspunsul e că unele mutaţii reale produc mari transformări care seamănă mult cu trecerea de la DC8 la DC8 alungit, iar unele dintre ele, deşi într-un anume sens sunt „macro"-mutaţii, au fost fără îndoială încorporate în evoluţie. Şerpii, de pildă, au cu toţii mai multe vertebre decât strămoşii lor. Am putea fi siguri de asta chiar dacă n-am avea nici o fosilă, fiindcă şerpii au mult mai multe vertebre decât rudele lor care au supravieţuit. În plus, diferite specii de şerpi au un număr diferit de vertebre, ceea ce înseamnă că numărul vertebrelor s-a modificat de-a lungul evoluţiei de la strămoşul lor comun.

Pentru a schimba numărul de vertebre la un animal nu e însă de ajuns să mai adaugi un os. Fiecare vertebră are câte un set de nervi, de vase de sânge, de muşchi etc., la fel cum fiecare rând de scaune dintr-un avion are un set de perne, tetiere, căşti, veioze cu cablurile aferente etc. Partea de mijloc a corpului unui şarpe, la fel ca partea de mijloc a unui avion, e alcătuită dintr-un număr de *segmente*, dintre care multe sunt identice între ele, oricât de complexe ar fi dacă le-am considera individual. De aceea, pentru a adăuga noi segmente, tot ce trebuie făcut e un simplu proces de duplicare. Din moment ce există deja maşinăria genetică pentru producerea unui segment de şarpe – maşinărie genetică de mare complexitate, construită pas cu pas în cursul a numeroase generaţii –, se pot cu uşurinţă adăuga noi segmente identice într-un singur pas mutaţional. Dacă privim genele ca „instrucţiuni pentru dezvoltarea embrionului", pe o genă pentru inserarea unor segmente suplimentare scrie „altele de acelaşi fel aici". Îmi închipui că instrucţiunile pentru construirea primului DC8 alungit erau oarecum asemănătoare.

Evident, în evoluția șerpilor numărul vertebrelor a fost mereu întreg, nu fracționar. Nu ne putem închipui un șarpe cu 26,3 vertebre. A avut fie 26, fie 27 de vertebre, și e cert că trebuie să fi existat cazuri în care un pui de șarpe a avut cu cel puțin o vertebră întreagă mai mult decât părinții lui. Asta înseamnă că a avut un întreg set suplimentar de nervi, vase de sânge, mușchi etc. Așadar, într-un fel, acest șarpe a fost un *macro*-mutant, dar numai în sensul dat de analogia cu DC8 alungit. Nu e greu de închipuit că într-un singur pas mutațional puteau să apară șerpi care aveau cu șase vertebre mai mult decât părinții lor. „Argumentul complexității" împotriva evoluției în salturi nu se aplică macromutațiilor DC8 alungit, deoarece, dacă analizăm în detaliu natura modificărilor implicate, ele nu sunt macromutații veritabile. Sunt macromutații doar dacă privim cu naivitate produsul final, adultul. Dacă cercetăm *procesele* dezvoltării embrionare, ele se dovedesc a fi micromutații: doar o mică modificare a *instrucțiunilor* embrionare are un efect aparent mare asupra adultului. Același lucru se poate spune despre „antennapaedia" musculițelor de oțet și despre numeroase mutații numite „homeotice".

Încheiem aici digresiunea privind macromutațiile și evoluția în salturi. Ea a fost necesară fiindcă teoria echilibrelor discontinue e deseori confundată cu evoluția în salturi. A fost o digresiune, din moment ce subiectul principal al acestui capitol e teoria echilibrelor discontinue, iar ea n-are nici o legătură cu macromutațiile și adevăratele salturi.

„Golurile" despre care vorbesc Eldredge, Gould și ceilalți punctuaționiști nu au așadar nimic în comun cu salturile veritabile. Ele sunt goluri mult, mult mai mici decât cele care îi entuziasmează pe creaționiști. În plus, Eldredge și Gould și-au prezentat inițial teoria *nu* ca pe o negare radicală și revoluționară a darwinismului curent, „convențional" – așa cum avea să se spună mai târziu –, ci ca pe o *continuare* consecventă a darwinismului convențional. Pentru a lămuri lucrurile mi-e teamă că avem nevoie de o nouă digresiune, de astă dată în legătură cu felul în care apar speciile noi, proces cunoscut sub numele de „speciație".

În linii mari, răspunsul lui Darwin la întrebarea privind originea speciilor a fost că ele au descins din alte specii. În plus, arborele genealogic al vieţii se ramifică, ceea ce înseamnă că mai multe specii actuale se trag dintr-o specie-strămoş. De exemplu, leii şi tigrii sunt acum membri ai unor specii diferite, dar şi unii, şi alţii au apărut dintr-o singură specie-strămoş, probabil nu cu foarte mult timp în urmă. Această specie-strămoş poate să fi fost una dintre cele două specii actuale; sau o a treia specie actuală; sau poate că a dispărut. La fel, oamenii şi cimpanzeii aparţin acum în mod evident unor specii diferite, dar strămoşii lor de acum câteva milioane de ani aparţineau unei singure specii. Speciaţia e procesul prin care dintr-o specie se obţin două specii, dintre care una poate fi aceeaşi cu specia iniţială.

Motivul pentru care speciaţia e o problemă dificilă este următorul. Toţi membrii unei ipotetice specii-strămoş se pot încrucişa între ei – pentru mulţi oameni chiar asta e semnificaţia sintagmei „specie distinctă". Prin urmare, de fiecare dată când o nouă specie-fiică începe să „înmugurească", înmugurirea riscă să fie împiedicată de încrucişări. Putem să ne închipuim că strămoşii ipotetici ai leilor şi strămoşii ipotetici ai tigrilor nu izbuteau să se separe deoarece continuau să se încrucişeze între ei, iar astfel rămâneau asemănători unii cu alţii. În paranteză fie spus, cuvinte precum „împiedicată" nu trebuie interpretate ca şi cum strămoşii leilor şi tigrilor ar fi „vrut" să se separe unii de alţii. Pur şi simplu e evident că speciile s-au despărţit *într-adevăr* în cursul evoluţiei, iar faptul că se încrucişau ne îngreunează sarcina de a înţelege cum a avut loc această despărţire.

Pare aproape sigur că principalul răspuns corect la această problemă este cel evident. Nu se pune problema încrucişărilor dacă strămoşii leilor şi ai tigrilor se întâmplă să se afle în părţi diferite ale lumii, unde nu se pot încrucişa. Evident, ei nu s-au dus pe continente diferite pentru a se separa unii de alţii: nu se gândeau că sunt strămoşii leilor sau ai tigrilor! Dar, atât fiind că specia-strămoş s-a răspândit pe continente diferite, în cazul nostru Africa şi Asia, cei care s-a întâmplat să se afle în Africa nu s-au mai încrucişat

cu cei care s-a întâmplat să se afle în Asia, pentru că nu s-au mai întâlnit. Dacă a existat vreo tendință ca animalele de pe cele două continente să evolueze în direcții diferite, fie sub influența selecției naturale, fie sub influența hazardului, încrucișarea nu a mai constituit o barieră în calea despărțirii lor și, în cele din urmă, a apariției celor două specii distincte.

Am vorbit despre continente diferite pentru a da un exemplu tranșant, însă principiul separării geografice ca barieră în calea încrucișării se poate aplica animalelor care trăiesc de o parte și de alta a unui deșert, a unui lanț de munți, a unui râu sau chiar a unei autostrăzi. Se poate aplica și animalelor care nu sunt despărțite de o altă barieră decât pur și simplu distanța. Șoarecii de câmp din Spania nu se pot încrucișa cu șoarecii de câmp din Mongolia, și pot diverge, în sens evolutiv, de șoarecii de câmp din Mongolia, chiar dacă între Spania și Mongolia există un lanț neîntrerupt de șoareci de câmp care se pot încrucișa. Ideea separării geografice ca explicație a speciației devine însă mai clară dacă ne gândim la o barieră fizică reală cum ar fi o mare sau un lanț de munți. Arhipelagurile sunt probabil adevărate pepiniere pentru noi specii.

Iată deci imaginea standard din perspectivă neodarwinistă a „nașterii" unei noi specii prin despărțirea de o specie-strămoș. Începem cu specia-strămoș, o populație numeroasă și destul de uniformă de animale care se pot încrucișa între ele, răspândită pe un teritoriu mare. Poate fi vorba de orice animal, dar vă propun să ne gândim în continuare la șoarecii de câmp. Teritoriul se învecinează cu un lanț de munți. Acesta e un ținut ostil și e puțin probabil ca șoarecii de câmp să-l traverseze, însă nu e chiar imposibil, iar din când în când unul sau doi ajung de cealaltă parte a teritoriului. Aici ei se pot dezvolta și pot da naștere unei populații periferice a speciei, ruptă de populația principală. Cele două populații se încrucișează separat, amestecându-și genele de fiecare parte a munților, dar nu și între ele. Cu trecerea timpului, orice schimbare în compoziția genetică a uneia din populații se răspândește prin încrucișare în acea populație, dar *nu* și în cealaltă populație. Unele dintre aceste schimbări pot fi rezultatul selecției naturale, care poate

fi diferită de o parte şi de alta a munţilor: condiţiile de climă, prădătorii şi paraziţii e greu de închipuit că sînt exact la fel în ambele părţi. Unele schimbări ar putea fi pur şi simplu rezultatul hazardului. Indiferent de cauza modificărilor genetice, încrucişarea tinde să le răspândească *în cadrul* fiecăreia dintre cele două populaţii, dar nu şi *între* cele două populaţii. Astfel, cele două populaţii diverg genetic: devin din ce în ce mai diferite una de alta.

Devin atât de diferite, încât, după un timp, pentru naturalişti ele aparţin unor „rase" diferite. După un timp şi mai îndelungat, ele se deosebesc atât de mult, încât trebuie să le clasificăm ca specii diferite. Să ne închipuim acum că are loc o încălzire a climei, astfel încât munţii pot fi traversaţi mai uşor, iar unele din noile specii încep să migreze spre ţinutul lor de baştină. Când se întâlnesc cu descendenţii verilor lor de mult dispăruţi, se dovedeşte că alcătuirea lor genetică e atât de diferită, încât nu se mai pot încrucişa în mod eficient cu ei. Dacă totuşi se încrucişează, progeniturile sunt debile sau sterile, cum e cazul catârilor. Prin urmare, selecţia naturală penalizează orice tendinţă de hibridizare cu o altă specie sau chiar cu o altă rasă. Selecţia naturală desăvârşeşte astfel procesul de „izolare reproductivă" început odată cu intervenţia întâmplătoare a unui lanţ de munţi. „Speciaţia" s-a încheiat. Avem acum două specii, deşi iniţial fusese una singură, iar cele două specii pot coexista în aceeaşi zonă fără să se încrucişeze între ele.

De fapt, e probabil ca cele două specii să nu coexiste pentru multă vreme. Aceasta nu pentru că ele s-ar încrucişa, ci pentru că intră în competiţie. E un principiu larg acceptat al ecologiei că două specii cu acelaşi mod de viaţă nu vor coexista pentru multă vreme în acelaşi loc, deoarece concurează între ele, iar una sau alta va dispărea. Desigur, cele două populaţii de şoareci de câmp ar putea să nu mai aibă acelaşi mod de viaţă; de pildă, în cursul evoluţiei sale de cealaltă parte a munţilor, noua specie s-ar putea să se fi specializat în vânarea altor tipuri de insecte. Dar, dacă există o competiţie importantă între cele două specii, majoritatea ecologiştilor sunt de părere că una dintre specii va dispărea din teritoriul

lor comun. Dacă specia inițială, specia-strămoș, e cea care dispare, atunci spunem că ea a fost înlocuită de noua specie imigrantă.

Teoria speciației rezultând din separarea geografică inițială a reprezentat multă vreme piatra de temelie a neodarwinismului și e în continuare considerată de toți drept principalul proces prin care apar noile specii (unii cred că mai există și alte procese). Încorporarea ei în darwinismul modern s-a datorat în mare măsură influenței distinsului zoolog Ernst Mayr. Când și-au lansat teoria, „punctuaționiștii" s-au întrebat: dat fiind că noi, asemenea majorității neodarwiniștilor, acceptăm teoria standard după care speciația începe odată cu izolarea geografică, ce ar trebui să ne așteptăm să găsim în catalogul fosilelor?

Să ne amintim de ipotetica populație a șoarecilor de câmp. De cealaltă parte a lanțului muntos se separă o nouă specie, iar în cele din urmă ea se întoarce în ținutul de baștină, ceea ce e posibil să ducă la dispariția speciei-strămoș. Să presupunem că acești șoareci de câmp s-au fosilizat; să mai presupunem că avem un catalog *complet* al fosilelor, fără goluri provocate de absența etapelor esențiale. Ce ar trebui să vedem la aceste fosile? O tranziție lină de la specia-strămoș la specia-fiică? Evident că nu, cel puțin dacă săpăm în zona în care au trăit șoarecii de câmp-strămoși și în care s-a întors noua specie. Să ne gândim la ceea ce s-a întâmplat de fapt în această zonă. Au existat șoareci de câmp-strămoși, care au trăit și s-au reprodus nestingheriți, fără vreun motiv special să se transforme. Desigur, verii lor de dincolo de munți evoluau de zor, dar fosilele lor se află de cealaltă parte a munților, așa încât nu avem cum să le găsim în zona unde săpăm. Apoi, brusc (adică brusc în raport cu standardele geologice), noua specie se întoarce, intră în competiție cu specia principală și, poate, o înlocuiește. Dintr-odată, fosilele pe care le găsim pe măsură ce urcăm în straturile zonei principale se modifică. Înainte, toate fosilele aparțineau speciei-strămoș. Acum, brusc și fără tranziții vizibile, apar fosilele noii specii, iar fosilele vechii specii dispar.

Departe de a fi imperfecțiuni stânjenitoare sau complicații neplăcute, „golurile" sunt exact ce ar trebui să găsim conform teoriei

neodarwiniste standard privind speciaţia. Motivul pentru care „tranziţia" de la specia-strămoş la specia-urmaş pare abruptă şi sacadată ţine pur şi simplu de faptul că, atunci când studiem o serie de fosile dintr-un anumit loc, e probabil să nu urmărim în realitate un eveniment evolutiv: urmărim un eveniment *migraţional*, sosirea unei noi specii din altă zonă geografică. Au existat fără îndoială evenimente evolutive, iar o specie într-adevăr a evoluat, probabil treptat, din cealaltă. Dar, pentru a găsi dovezi fosile ale tranziţiei evolutive, ar trebui să săpăm în altă parte – în acest caz de cealaltă parte a munţilor.

Aşadar, observaţiile lui Eldredge şi Gould puteau fi prezentate cu modestie drept un ajutor oferit lui Darwin şi urmaşilor săi pentru a ieşi din ceea ce părea a fi o dificultate stânjenitoare. Într-adevăr, la început, cel puţin în parte, chiar aşa au şi fost prezentate. Darwiniştii s-au simţit mereu încurcaţi de golurile vizibile în catalogul fosilelor şi au fost obligaţi să găsească argumente pentru imperfecţiunea mărturiilor. Darwin însuşi scrisese:

> Mărturiile geologice au un grad ridicat de imperfecţiune, iar acest fapt explică în mare măsură de ce nu găsim nenumărate varietăţi care să lege în mod treptat, prin paşi foarte mici, toate formele de viaţă dispărute de cele existente. Cine respinge aceste consideraţii privind natura dovezilor geologice va respinge pe drept cuvânt întreaga mea teorie.

Eldredge şi Gould şi-ar fi putut formula astfel mesajul: Nu-ţi face griji, Darwin, chiar dacă ai avea un catalog perfect al fosilelor, n-ar trebui să te aştepţi să vezi o progresie treptată în paşi mici dacă sapi într-un singur loc, pentru simplul motiv că cea mai mare parte a transformării evolutive a avut loc în altă parte! Ar fi putut continua astfel:

> Darwin, când ai spus că mărturiile fosilelor sunt imperfecte, ai fost optimist. Nu numai că sunt imperfecte, dar avem motive întemeiate să ne aşteptăm să fie *în mod special* imperfecte tocmai atunci când lucrurile devin mai interesante, tocmai atunci când are loc transformarea evolutivă; asta se întâmplă pe de o parte fiindcă evoluţia s-a produs de regulă în alt loc decât cel în care găsim majoritatea fosilelor noastre, iar pe de altă parte fiindcă, chiar dacă avem norocul să săpăm într-una din zonele

mici unde s-au produs majoritatea transformărilor evolutive, acea transformare evolutivă (deşi treptată) s-a produs într-un timp atât de scurt, încât am avea nevoie de mărturii extrem de *bogate* privind fosilele pentru a-i da de urmă!

Dar nu, ei au ales în schimb, cu precădere în lucrările lor mai recente citate frecvent de jurnalişti, să-şi prezinte ideile ca şi cum s-ar *opune* radical lui Darwin şi sintezei neodarwiniste. Ei au făcut-o subliniind opoziţia între „gradualismul" lui Darwin şi „punctuaţionismul" lor brusc, sacadat şi sporadic. Au găsit, mai ales Gould, chiar analogii între teoria lor şi vechile şcoli ale „catastrofismului" şi „saltaţionismului". Despre saltaţionism am vorbit deja. Catastrofismul a fost o încercare din secolele al XVIII-lea şi al XIX-lea de a împăca o formă a creaţionismului cu dovezile incomode din catalogul fosilelor. Catastrofiştii credeau că progresul observabil la fosile reflecta o serie de creaţii distincte, fiecare din ele sfârşind printr-o catastrofală extincţie în masă. Ultima catastrofă de acest gen a fost potopul lui Noe.

Comparaţiile între punctuaţionismul modern, pe de o parte, şi catastrofism sau saltaţionism, pe de altă parte, au doar o forţă „poetică". Ele sunt profund superficiale, dacă îmi permiteţi acest paradox. Impresionează la nivel pur literar, dar nu fac nimic pentru a ajuta înţelegerea serioasă şi oferă creaţioniştilor moderni un sprijin fals în efortul lor tulburător de eficace pentru subminarea învăţământului american şi editării de manuale şcolare. Realitatea este, în cel mai deplin şi serios sens, că Eldredge şi Gould sunt la fel de gradualişti ca Darwin sau oricare dintre urmaşii lui. Doar că ei vor să comprime întreaga transformare treptată în izbucniri scurte, în loc s-o lase să se desfăşoare de-a lungul timpului, şi subliniază că cea mai mare parte a transformării treptate se desfăşoară în zone geografice îndepărtate de zonele unde au fost găsite majoritatea fosilelor.

Aşadar, punctuaţioniştii nu se opun de fapt *gradualismului* lui Darwin: gradualism înseamnă că fiecare generaţie este doar uşor diferită de generaţia precedentă; trebuie să fii saltaţionist ca să te opui acestei idei, iar Eldredge şi Gould nu sunt saltaţionişti. De

fapt, ei şi alţi punctuaţionişti obiectează împotriva unei pretinse afirmaţii a lui Darwin cum că ritmul evoluţiei ar fi constant. Obiectează împotriva ei deoarece cred că evoluţia (evoluţie indiscutabil dreptată) se desfăşoară rapid în perioade relativ scurte de activitate intensă (evenimentele speciaţiei) e generează un fel de atmosferă de criză în care presupusa rezistenţă normală la transformarea evolutivă e înfrântă) şi că evoluţia e lentă sau inexistentă în cursul îndelungatelor perioade intermediare de stază. Când spunem „relativ" scurte, ne raportăm, evident, la scara timpului geologic. Chiar şi bruştele mişcări evolutive ale punctuaţioniştilor, deşi pot părea instantanee la scara timpului geologic, se măsoară în zeci sau sute sau mii de ani.

O reflecţie a celebrului evoluţionist american G. Ledyard Stebbins poate lămuri acest aspect. Pe el nu-l interesează în mod special evoluţia sacadată, ci caută să ilustreze viteza cu care se produce transformarea evolutivă în raport cu scara timpului geologic. El îşi imaginează o specie de animale de dimensiunile unui şoarece. Apoi presupune că selecţia naturală începe să favorizeze o creştere a dimensiunilor corporale, dar una foarte, foarte mică. Poate că masculii mai mari au un uşor avantaj în competiţia pentru femele. La orice moment, masculii de dimensiuni medii au un succes puţin mai mic decât masculii care sunt ceva mai mari decât media. Stebbins foloseşte o cifră exactă pentru a exprima matematic avantajul de care se bucură indivizii mai mari în exemplul lui ipotetic. Îi dă o valoare atât de mică, încât nu ar putea fi măsurată de observatorii umani. Iar ritmul transformării evolutive responsabile pentru acest avantaj e atât de lent, încât nu ar putea fi observat într-o viaţă de om. Din perspectiva unui om de ştiinţă care le-ar studia, aceste animale nu evoluează deloc. Dar ele evoluează foarte lent, într-un ritm dat de presupunerile matematice ale lui Stebbins şi, chiar şi în acest ritm lent, ajung în cele din urmă la dimensiunile unui elefant. Cât timp durează procesul? Desigur mult, în raport cu standardele umane, dar standardele umane sunt irelevante. Vorbim despre timpul geologic. Stebbins a calculat că, la ritmul de evoluţie foarte lent pe care l-a presupus, ar trece aproximativ 12 000 de

generații pentru ca animalele să evolueze de la o greutate medie de 40 de grame (greutatea șoarecelui) la o greutate medie de peste 6 000 000 de grame (greutatea elefantului). Presupunând că durata vieții pentru o generație este de 5 ani (mai mare decât la șoareci, dar mai mică decât la elefanți), 12 000 de generații înseamnă 60 000 de ani. 60 000 de ani e o perioadă prea *scurtă* pentru a fi măsurată prin metodele geologice obișnuite de datare a fosilelor. După cum spune Stebbins, „apariția unui nou tip de animal în 100 000 de ani sau mai puțin e considerată de paleontologi «bruscă» sau «instantanee»".

Punctuaționiștii nu vorbesc despre salturi în evoluție, ci despre episoade de evoluție relativ rapidă. Iar aceste episoade nu trebuie să fie rapide în raport cu standardele umane pentru a părea instantanee în raport cu standardele geologice. Indiferent ce credem despre teoria echilibrelor discontinue, e imposibil să confundăm gradualismul (ideea, susținută atât de punctuaționiștii moderni, cât și de Darwin, conform căreia nu există salturi bruște între două generații succesive) cu ideea că evoluția s-ar fi desfășurat cu viteză constantă (pe care punctuaționiștii o combat și pretind că ar fi fost susținută de Darwin, chiar dacă în realitate e fals). Nu sunt deloc același lucru. Caracterizarea corectă a perspectivei punctuaționiștilor ar fi: „transformare treptată, dar cu lungi perioade de «stază» (stagnarea evolutivă) întrerupte de scurte episoade de modificări treptate rapide". În acest caz, accentul cade asupra perioadelor lungi de *stază*, fenomen anterior trecut cu vederea și care se cere într-adevăr explicat. Veritabila contribuție a punctuaționiștilor este accentul pus pe stază, nu pretinsa lor opoziție față de gradualism, căci ei sunt de fapt la fel de gradualiști ca toți ceilalți.

Chiar și accentul pus pe stază poate fi găsit, într-o formă mai puțin exagerată, în teoria speciației formulată de Mayr. Considerând două rase separate geografic, el credea că populația ancestrală inițială, mai mare, e mai puțin probabil să se transforme decât noua populație-„fiică" (de dincolo de munți, în exemplul nostru cu șoareci de câmp). Iar asta nu doar pentru că populația-fiică e cea care s-a mutat pe un teritoriu nou, unde condițiile e probabil să fie

diferite şi presiunile selecţiei naturale să fie altele. Există în plus şi motive teoretice (subliniate de Mayr, dar a căror importanţă e controversată) în sprijinul ideii că populaţiile numeroase în cadrul cărora au loc încrucişări prezintă tendinţa inerentă de a *rezista* la transformările evolutive. Se poate face o analogie cu inerţia unui obiect masiv – e greu de deplasat. Pentru populaţiile mici, periferice, în virtutea faptului că sunt mici, probabilitatea de a se transforma, de a evolua e în mod inerent mai mare. Prin urmare, deşi am vorbit despre două populaţii sau rase de şoareci de câmp care se separă una de alta, Mayr preferă să considere că populaţia iniţială, ancestrală e relativ statică, iar noua populaţie se desprinde din ea. Ramura arborelui evolutiv nu se bifurcă în două crengi egale, ci există un trunchi principal cu o creangă laterală care iese din el.

Partizanii echilibrului discontinuu au luat această idee de la Mayr şi au dus-o mai departe, considerând că „staza", sau absenţa transformării evolutive, e regula generală a speciilor. Ei cred că există trei forţe genetice în populaţiile mari care se *opun* transformării evolutive. Transformarea evolutivă, susţin ei, este un eveniment rar, care coincide cu speciaţia. Coincide cu speciaţia în sensul că, din perspectiva lor, condiţiile în care apar noile specii – separarea geografică a unor subpopulaţii mici, izolate – sunt tocmai condiţiile în care forţele ce în mod normal se opun transformării evolutive sunt atenuate sau copleşite. Speciaţia e un moment de revoltă, de revoluţie. Iar în aceste momente de revoltă se concentrează transformarea evolutivă. În cea mai mare parte din istoria unei filiaţii, ea stagnează.

Darwin nu credea că evoluţia are loc într-un ritm constant. Cu siguranţă, n-o credea în sensul extrem şi absurd din parabola copiilor lui Israel, şi n-o credea, îndrăznesc să spun, în nici un sens important. Gould e iritat de citarea următorului pasaj celebru din ediţia a patra (şi din ediţiile următoare) a *Originii speciilor*, fiindcă îl consideră nereprezentativ pentru gândirea lui Darwin:

> Multe specii, odată apărute, nu mai suferă modificări ulterioare [...]; iar perioadele în cursul cărora speciile au suferit modificări, deşi lungi dacă

> le măsurăm în ani, au fost probabil scurte în comparație cu perioadele în care și-au păstrat aceeași formă.

Gould vrea să ignore această frază și altele asemănătoare, spunând:

> Nu poți să faci istorie citând selectiv și căutând note de subsol care nuanțează. Tendința generală și impactul istoric sunt criteriile potrivite. L-au citit oare vreodată pe Darwin contemporanii sau urmașii lui ca pe un saltaționist?

Gould are bineînțeles dreptate în privința tendinței generale și a impactului istoric, dar ultima frază din acest citat e o gafă cât se poate de grăitoare. *Evident*, nimeni nu l-a citit vreodată pe Darwin ca pe un saltaționist și, evident, Darwin s-a opus mereu saltaționismului, numai că în discuție nu e saltaționismul, ci echilibrul discontinuu. Așa cum am subliniat, teoria echilibrului discontinuu, după cum chiar Eldredge și Gould o spun, nu e o teorie saltaționistă. Salturile pe care le postulează ei nu sunt salturi veritabile, într-o singură generație. Ele se petrec în cursul unui număr mare de generații, în perioade care, după estimările lui Gould însuși, durează poate zeci de mii de ani. Teoria echilibrului discontinuu e o teorie gradualistă, chiar dacă pune accentul pe lungi perioade de stază întrerupte de izbucnirile *relativ* scurte ale evoluției treptate. Gould s-a lăsat indus în eroare de accentul retoric pe care el însuși l-a pus pe asemănarea pur poetică sau literară între punctuaționism și saltaționismul veritabil.

Cred că lucrurile vor deveni mai limpezi dacă rezum aici spectrul perspectivelor asupra ritmului evoluției. La o extremă avem saltaționismul veritabil, despre care am vorbit destul. Saltaționiști veritabili nu există printre biologii moderni. Cine nu e saltaționist e gradualist, iar în această categorie intră și Eldredge și Gould, indiferent cum vor ei să se intituleze. În cadrul gradualismului putem distinge diferite idei privind ritmurile de evoluție (treptată). Unele dintre aceste idei, după cum am văzut, prezintă o asemănare absolut superficială („literară" sau „poetică") cu saltaționismul

veritabil, antigradualist, motiv pentru care sunt uneori confundate cu acesta.

La cealaltă extremă avem ideea vitezei constante, pe care am caricaturizat-o în parabola Exodului de la începutul capitolului. Un partizan radical al vitezei constante crede că evoluţia se târăşte mereu constant şi implacabil, indiferent dacă se produce vreo ramificare sau speciaţie. Cantitatea de transformare evolutivă, crede el, e strict proporţională cu timpul scurs. Ironia soartei face ca în ultimul timp o formă a teoriei vitezei constante să fie pe placul specialiştilor în genetica moleculară. Există argumente solide în sprijinul ideii că transformarea evolutivă la nivelul moleculelor de proteine se târăşte într-adevăr într-un ritm constant, exact la fel ca ipoteticii copii ai lui Israel; iar aceasta *în ciuda faptului* că acele caracteristici exterioare vizibile cum sunt braţele sau picioarele evoluează într-o manieră evident discontinuă. Am vorbit despre acest subiect în capitolul 5 şi am să-l reiau în capitolul următor. Cât priveşte însă evoluţia adaptativă a structurilor mari şi a tiparelor comportamentale, aproape toţi evoluţioniştii ar respinge ideea vitezei constante, iar Darwin cu siguranţă ar fi respins-o. Cine nu e adept al vitezei constante e adept al vitezei variabile.

Printre cei care cred în viteza variabilă putem distinge două orientări: cei care cred în viteza discontinuu variabilă şi cei care cred în viteza continuu variabilă. Un „discontinuist" crede nu numai că evoluţia se desfăşoară cu viteză variabilă, ci şi că ea sare brusc de la un nivel la altul, cum e cazul cutiei de viteze a unei maşini. Ar putea crede, de pildă, că evoluţia are doar două viteze: foarte repede şi stop (nu pot să nu-mi amintesc aici de umilinţa pe care am simţit-o când am primit de la intendent prima mea evaluare şcolară privind felul în care îmi îndeplineam la vârsta de şapte ani îndatoririle de zi cu zi în internat, cum ar fi împăturirea hainelor şi îmbăierea în apă rece: „Dawkins are doar trei viteze: încet, foarte încet şi stop"). Evoluţia „stopată" e „staza" pe care punctuaţioniştii o consideră caracteristică populaţiilor mari. Evoluţia la viteză foarte mare e evoluţia care se produce în timpul speciaţiei, în micile populaţii izolate de la periferia populaţiilor

mari, statice din punct de vedere evolutiv. Conform acestei perspective, evoluția are întotdeauna una dintre cele două viteze, niciodată o viteză intermediară. Eldredge și Gould înclină spre ideea vitezei discontinuu variabile, iar în această privință sunt într-adevăr radicali. Ei pot fi pe drept cuvânt numiți „discontinuiști". În paranteză fie spus, nu există nici un motiv pentru care „discontinuiștii" să acorde speciației un caracter privilegiat prin simplul fapt că are loc în momentele de evoluție la viteză mare. În practică însă, cei mai mulți o fac.

Pe de altă parte, „continuiștii" cred că ritmurile de evoluție fluctuează continuu de la foarte rapid la foarte lent și stop, cu toate gradele intermediare. Ei nu văd nici un motiv pentru a privilegia anumite viteze în raport cu altele. În particular, pentru ei staza e doar un caz extrem de evoluție foarte lentă. Pentru un punctuaționist, staza are ceva ieșit din comun, nu e doar o evoluție atât de lentă încât are ritmul zero. Staza nu e doar absența pasivă a evoluției pentru că nu există nici o forță care să acționeze în favoarea schimbării, ci e o *rezistență* fermă față de transformarea evolutivă. E aproape ca și cum speciile ar lua măsuri active pentru a *nu* evolua, *în ciuda* forțelor care le împing spre evoluție.

Biologii acceptă în general că staza e un fenomen real, dar nu cad de acord în privința cauzelor ei. Să considerăm un exemplu extrem, celacantul* *Latimeria*. Celacanții au fost un grup mare de „pești" (de fapt, deși îi numim pești, sunt rude mai apropiate cu noi decât cu păstrăvii sau heringii) care au atins apogeul cu mai bine de 250 de milioane de ani în urmă și se pare că au dispărut cam în același timp cu dinozaurii. Spun „se pare" fiindcă în 1938, spre marea surpriză a zoologilor, un pește ciudat, lung de aproape un metru și jumătate, cu aripioare neobișnuite care semănau cu niște piciorușe, a apărut în plasa unui vas de pescuit în ape adânci, în largul coastelor Africii de Sud. Deși era aproape distrus când a fost înțeleasă importanța lui excepțională, rămășițele lui au avut norocul să ajungă la timp în atenția unui zoolog sud-african.

---

* *Coelacanthus* (din gr. „coloană vertebrală goală"). (*N. red.*)

Nevenindu-i să-şi creadă ochilor, e l-a identificat drept celacant şi l-a numit *Latimeria*. De atunci, alte câteva exemplare au fost pescuite în aceeaşi zonă, iar specia a fost studiată şi descrisă amănunţit. Este o „fosilă vie", în sensul că nu s-a modificat aproape deloc din timpul strămoşilor săi fosile, care au trăit cu sute de milioane de ani în urmă.

Aşadar, staza există. Ce ne facem cu ea? Cum o explicăm? Unii ar spune că filiaţia care a dus spre *Latimeria* a stagnat pentru că selecţia naturală nu a exercitat presiuni asupra ei. Într-un fel, ea nu avea „nevoie" să evolueze, deoarece aceste animale găsiseră un mod de viaţă prosper în adâncul mării, unde condiţiile nu s-au schimbat prea mult. Poate că nu au participat niciodată la o cursă a înarmărilor. Verii lor ajunşi pe uscat au evoluat fiindcă selecţia naturală – în condiţii ostile de tot felul, printre care cursele înarmărilor – i-a obligat. Alţi biologi, printre care şi unii dintre cei ce se autointitulează punctuaţionişti, ar putea spune că filiaţia conducând spre *Latimeria* actuală s-a opus activ transformării, *în ciuda* presiunilor selecţiei naturale. Cine are dreptate? În cazul particular al *Latimeriei* e greu de spus, dar există un mijloc prin care, în principiu, putem afla.

Să nu fim însă nedrepţi şi să lăsăm cazul particular al *Latimeriei*. E un exemplu spectaculos, dar unul extrem, şi nu e neapărat pe placul punctuaţioniştilor. Ei cred că exemple de stază mai puţin frapante şi implicând perioade mai scurte se pot găsi pretutindeni, că ele reprezintă regula, deoarece speciile au mecanisme genetice care se opun activ transformării, chiar dacă există forţe ale selecţiei naturale care îndeamnă la schimbare. Iată un experiment foarte simplu pe care, cel puţin în principiu, îl putem face pentru a testa această ipoteză. Putem să luăm populaţii sălbatice şi să impunem forţele noastre de selecţie asupra lor. Conform ipotezei că specia se opune activ schimbării, ar trebui să descoperim că, dacă încercăm să selecţionăm o anumită trăsătură, specia „se va pune pe picioarele dinapoi" şi va refuza să se clintească, cel puţin pentru o vreme. Dacă am lua, de pildă, vaci şi am încerca să le selecţionăm pentru a obţine o producţie cât mai mare de lapte, ar trebui să nu

reuşim. Mecanismele genetice ale speciei ar trebui să-şi mobilizeze forţele antievolutive şi să contrabalanseze presiunea exercitată în direcţia schimbării. Dacă am încerca să determinăm găinile să facă mai multe ouă, ar trebui să nu reuşim. Dacă toreadorii ar încerca să sporească prin selecţionare curajul taurilor, nu ar reuşi. Aceste eşecuri ar fi doar temporare, bineînţeles. În cele din urmă, aşa cum se întâmplă cu un baraj distrus de presiunea apelor, ipoteticele forţe antievolutive sunt copleşite, iar filiaţia se poate deplasa rapid spre un nou echilibru. Ar trebui totuşi să observăm o cât de mică rezistenţă atunci când începem un nou program de încrucişare selectivă.

Realitatea este, bineînţeles, că nu eşuăm atunci când încercăm să influenţăm evoluţia prin încrucişarea selectivă a animalelor şi plantelor în afara mediului lor natural, şi nici nu observăm o perioadă de dificultate la început. Speciile de animale şi plante se supun de regulă imediat încrucişării selective, iar cresc ătorii nu observă prezenţa vreunei forţe antievolutive intrinsece. Dacă observă ceva, aceasta e o dificultate care apare *după* un număr de generaţii de încrucişare selectivă. Lucrul se explică prin faptul că, după câteva generaţii de încrucişare selectivă, variaţia genetică disponibilă se epuizează şi trebuie să aşteptăm noi mutaţii. Celacanţii, ne-am putea închipui, au încetat să evolueze pentru că au încetat să sufere mutaţii – eventual fiindcă pe fundul mării erau protejaţi împotriva radiaţiilor cosmice! –, dar nimeni, din câte ştiu, nu a luat în serios o asemenea ipoteză, şi oricum nu asta vor să spună punctuaţioniştii atunci când vorbesc despre rezistenţa intrinsecă a speciilor la transformarea evolutivă.

Ei au în vedere ceva asemănător ideii prezentate în capitolul 7 în legătură cu genele „cooperante": grupuri de gene atât de bine adaptate între ele, încât se opun invaziei unor gene noi, mutante, care nu fac parte din „club". E o idee destul de subtilă, şi poate fi prezentată aşa încât să devină plauzibilă. Ea a fost unul dintre argumentele teoretice în sprijinul ideii de inerţie a lui Mayr, despre care am vorbit deja. Totuşi, faptul că nu întâmpinăm niciodată vreo rezistenţă iniţială atunci când încercăm încrucişarea selectivă mă face să cred că, dacă filiaţiile nu suferă transformări în cursul a

numeroase generaţii, aceasta se întâmplă nu pentru că ele s-ar opune, ci pentru că nu există nici o presiune a selecţiei naturale în favoarea transformării. Ele nu se transformă pentru că indivizii care rămân neschimbaţi supravieţuiesc mai bine decât indivizii care se modifică.

Prin urmare, punctuaţioniştii sunt de fapt la fel de gradualişti ca Darwin sau ca orice alt darwinist; ei nu fac decât să introducă lungi perioade de stază între izbucnirile evoluţiei treptate. Aşa cum am spus, punctuaţioniştii se despart de alte şcoli darwiniste prin faptul că subliniază rolul stazei: ea e o rezistenţă activă la transformarea evolutivă, şi nu simpla absenţă a transformării evolutive. Iar în privinţa asta probabil că ei se înşală. Mai rămâne de lămurit un lucru: de ce şi-au închipuit că se află atât de departe de Darwin şi neodarwinism?

Răspunsul se găseşte în confuzia între două semnificaţii ale cuvântului „treptat", la care se adaugă confuzia, pe care m-am străduit aici s-o risipesc, dar care stăruie în minţile multor oameni, între punctuaţionism şi saltaţionism Darwin a fost un antisaltaţionist convins, iar asta l-a făcut să sublinieze în repetate rânduri caracterul eminamente treptat al transformărilor evolutive pe care le propunea. Motivul este că, pentru el, saltul însemna ceea ce eu am numit macromutaţie Boeing 747. Însemna apariţia bruscă, aşa cum a ieşit Pallas Atena din capul lui Zeus, a unor organe complexe noi-nouţe la o singură atingere a baghetei magice. Însemna ochi complet formaţi, cu structură complexă, ţâşnind din simpla piele într-o singură generaţie. Motivul pentru care saltul însemna toate acestea pentru Darwin este că el însemna exact acelaşi lucru şi pentru unii dintre cei mai influenţi adversari ai săi, iar ei chiar credeau că saltul e un factor important în evoluţie.

Ducele de Argyll*, de exemplu, a acceptat ideea că evoluţia avusese loc, dar voia să introducă tiptil creaţia divină pe uşa din

* George Campbell, al optulea duce de Argyll (1823–1900). În afară de cariera politică, a avut preocupări ştiinţifice şi a publicat lucrări pe teme de economie şi biologie. A fost unul dintre cei mai proeminenţi adversari ai lui Darwin. (*N. red.*)

dos. Nu a fost singurul. Mulți victorieni credeau că divinitatea intervenise nu doar printr-o singură creație în Grădina Raiului, ci în repetate rânduri, în momentele de răscruce ale evoluției. Se credea că organele complexe, cum sunt ochii, în loc să evolueze de la organe mai simple în pași mici, așa cum spunea Darwin, au apărut într-o clipă. Asemenea „evoluție" instantanee implica, pe drept cuvânt, o intervenție supranaturală. Motivele sunt cele statistice pe care le-am pomenit în legătură cu uraganele și avioanele Boeing 747. Saltaționismul de tip Boeing 747 este într-adevăr doar o formă atenuată de creaționism. Inversând termenii, creația divină e forma ultimă a evoluției în salturi. E saltul absolut de la țărâna neînsufletită la omul deplin alcătuit. Darwin a observat și acest lucru. Într-o scrisoare către Sir Charles Lyell, cel mai ilustru geolog al epocii sale, spunea:

> Dacă aș fi convins că am nevoie de asemenea completări la teoria selecției naturale, aș respinge-o ca pe o absurditate. [...] N-aș lua în seamă nici o clipă teoria selecției naturale dacă ar pretinde completări miraculoase în vreuna din etapele evoluției.

Nu e un lucru de neglijat. Din perspectiva lui Darwin, *esențial* pentru teoria evoluției prin selecție naturală era faptul că oferea explicații *ne*miraculoase pentru existența adaptărilor complexe. Același lucru e de altfel esențial și pentru cartea de față. Din perspectiva lui Darwin, o evoluție care avea nevoie de Dumnezeu pentru a face salturi nu era evoluție. Însăși ideea de evoluție devenea un nonsens. Acestea fiind zise, e limpede de ce Darwin a subliniat în repetate rânduri caracterul treptat al evoluției. E limpede de ce a scris fraza citată în capitolul 4:

> Dacă s-ar demonstra că vreun organ complex din câte au existat nu putea să apară prin modificări numeroase, succesive și mici, teoria mea ar fi complet distrusă.

Putem înțelege și altfel importanța fundamentală, pentru Darwin, a caracterului treptat. Contemporanilor lui nu le venea să creadă că organismul uman și alte asemenea entități complexe ar fi putut

apărea prin mijloace evolutive – ceea ce e valabil şi pentru mulţi oameni din zilele noastre. Dacă se spunea că amiba unicelulară e strămoşul nostru îndepărtat – până de curând amiba era la modă –, multor oameni li se cerea un efort mental prea mare ca să treacă peste prăpastia ce separă amiba de om. Li se părea imposibil ca pornind de la ceva atât de simplu să se ajungă la ceva atât de complex. Darwin a apelat la ideea unui şir gradat de paşi mici pentru a învinge acest gen de neîncredere. Poate că vi se pare greu de imaginat ca o amibă să se transforme într-un om – spunea Darwin –, dar nu vi se pare greu de imaginat ca o amibă să se transforme într-un tip de amibă uşor diferit. Iar acesta din urmă nu e greu de imaginat că se transformă într-un tip uşor diferit de tipul uşor diferit de... şi aşa mai departe. După cum am văzut în capitolul 3, acest argument înlătură scepticismul doar dacă subliniem că a existat un număr extrem de mare de paşi şi că fiecare pas a fost extrem de mic. Darwin s-a aflat într-o luptă continuă împotriva acestei surse de neîncredere şi a folosit mereu aceeaşi armă: accentul pus pe transformarea treptată, aproape imperceptibilă, întinsă de-a lungul a nenumărate generaţii.

Merită citat aici J.B.S. Haldane cu exemplul lui tipic de gândire laterală* în combaterea aceleiaşi surse de neîncredere. Ceva asemănător tranziţiei de la amibă la om, spunea el, se petrece în pântecele fiecărei mame în doar nouă luni. Dezvoltarea este bineînţeles un proces diferit de cel al evoluţiei, însă cine nu crede în *posibilitatea* tranziţiei de la o singură celulă la om nu are decât să mediteze la propriile sale începuturi fetale pentru a-şi tempera îndoielile. În paranteză fie spus, alegerea amibei pentru titlul de strămoş de onoare e doar un capriciu al istoriei. O bacterie ar fi o alegere mai bună, dar chiar şi bacteriile, aşa cum le cunoaştem noi, sunt organisme moderne.

---

* Gândirea laterală e un termen introdus de psihologul Edward de Bono şi se referă la metodele de gândire destinate a schimba ideile şi percepţiile atunci când acest lucru e mai greu de realizat folosind o logică tradiţională „pas cu pas". (*N. red.*)

Revenind la subiect, Darwin a insistat asupra caracterului treptat al evoluției din cauza ideilor pe care le *combătea*: concepțiile greșite din secolul al XIX-lea privind evoluția. „Treptat", în contextul acelor vremuri, însemna „opus salturilor". La sfârșitul secolului XX, Eldredge și Gould folosesc cuvântul „treptat" într-un alt sens. Deși nu o spun explicit, pentru ei acest termen înseamnă „cu viteză constantă" și îl opun ideii lor de „discontinuitate". Ei critică gradualismul considerat în sensul de „viteză constantă". Desigur, au tot dreptul: în forma sa extremă, e la fel de absurd ca parabola mea legată de Exod.

Dar să cuplezi această critică justificată cu o critică îndreptată împotriva lui Darwin înseamnă pur și simplu să confunzi două semnificații diferite ale cuvântului „treptat". În sensul în care Eldredge și Gould se opun gradualismului, nu avem nici un motiv să ne îndoim că Darwin ar fi fost de acord cu ei. Dar, în sensul în care Darwin era un gradualist convins, Eldredge și Gould sunt și ei gradualiști. Teoria echilibrului discontinuu e doar o notă de subsol la darwinism, pe care Darwin însuși ar fi putut-o accepta dacă tema ar fi fost dezbătută pe vremea lui. Notă de subsol fiind, nu merită o publicitate atât de mare. Motivul pentru care a avut parte de o asemenea publicitate, și motivul pentru care m-am simțit obligat să-i dedic un întreg capitol în această carte, ține pur și simplu de faptul că teoria a fost prezentată – cu surle și trâmbițe de unii jurnaliști – ca și cum ar fi radical opusă perspectivei lui Darwin și a urmașilor lui. De ce s-a întâmplat așa?

Există pe lumea asta oameni care vor cu tot dinadinsul să nu fie nevoiți să creadă în darwinism. Ei se împart în trei categorii. În prima categorie intră cei care, din motive religioase, vor ca evoluția însăși să fie falsă. Din a doua categorie fac parte cei care nu au nici un motiv să nege evoluția, dar, deseori din motive politice sau ideologice, găsesc că teoria lui Darwin e dezagreabilă prin *mecanismul* ei. Dintre aceștia, unii consideră ideea selecției naturale inacceptabil de crudă și nemiloasă; alții confundă selecția naturală cu pura întâmplare, deci cu „lipsa de sens", ceea ce le rănește orgoliul; iar alții confundă darwinismul cu darwinismul social, care

trimite cu gândul la rasism şi la alte lucruri rele. În a treia categorie intră, printre alţii, oameni care lucrează în ceea ce ei numesc (considerând adesea că substantivul e la singular) „media", cărora pur şi simplu le place să demoleze, poate fiindcă asta vinde bine gazetele, iar darwinismul a căpătat un statut suficient de solid pentru ca demolarea lui să fie tentantă.

Oricare ar fi motivul, consecinţa e că o şoaptă a unui om de ştiinţă reputat, care poate fi interpretată drept critică a unui detaliu din teoria darwinistă actuală, e imediat sesizată şi capătă proporţii colosale. Zelul e atât de mare, încât ai crede că există un amplificator puternic cu un microfon fin reglat care captează selectiv orice pare să aibă cea mai vagă nuanţă de critică la adresa darwinismului. E un lucru trist, fiindcă argumentele şi criticile serioase sunt esenţiale pentru ştiinţă, şi ar fi tragic ca oamenii de ştiinţă să se autocenzureze de teama microfoanelor. E inutil să spunem că amplificatorul, deşi puternic, nu este de înaltă fidelitate: distorsionează enorm! Un om de ştiinţă care şi-ar exprima în şoaptă şi cu precauţie o urmă de îndoială privind o nuanţă a darwinismului actual şi-ar auzi probabil cuvintele distorsionate şi aproape de nerecunoscut bubuind în difuzoarele care atâta aşteaptă.

Eldredge şi Gould nu vorbesc în şoaptă, ei strigă cu elocinţă şi putere! Ceea ce strigă ei e de multe ori destul de subtil, însă mesajul care ajunge la public este că ceva nu-i în regulă cu darwinismul. Aleluia, „oamenii de ştiinţă" au spus-o cu gura lor! Editorul cărţii *Creaţia biblică* scria:

> Credibilitatea poziţiei noastre religioase şi ştiinţifice a fost fără îndoială mult întărită de scăderea moralului neodarwiniştilor din ultimul timp. Iar de acest lucru trebuie să profităm din plin.

Eldredge şi Gould au luptat cu mult avânt împotriva creaţionismului grosolan. Şi-au exprimat cu voce tare nemulţumirile faţă de folosirea greşită a propriilor lor cuvinte, dar au constatat că, atunci când era vorba de *aceasta* parte a mesajului lor, microfoanele au murit brusc. Îi compătimesc, fiindcă am avut şi eu o experienţă

asemănătoare cu un set diferit de microfoane, în cazul meu reglate politic, nu religios.*

Ce trebuie spus acum, tare şi răspicat, este adevărul: teoria echilibrului discontinuu îşi are locul ei în sinteza neodarwinistă. Va trece un timp până când răul produs de retorica umflată să fie înlăturat, dar va fi înlăturat. Teoria echilibrului discontinuu va fi privită la adevărata ei dimensiune ca un detaliu interesant, dar minor, pe suprafaţa teoriei neodarwiniste. Ea nu justifică în nici un caz „scăderea moralului neodarwiniştilor" sau afirmaţia lui Gould că teoria sintetică (alt nume pentru neodarwinism) „este efectiv moartă". E ca şi cum descoperirea faptului că Pământul nu e o sferă perfectă, ci un sferoid uşor turtit ar face să apară în ziare titluri de genul:

COPERNIC A GREŞIT.
TEORIA PĂMÂNTULUI PLAT E REABILITATĂ.

Adevărul e însă că remarca lui Gould nu viza atât de mult presupusul „gradualism" al sintezei darwiniste, cât o altă afirmaţie. Aceasta e afirmaţia, contestată de Eldredge şi Gould, că întreaga evoluţie, chiar şi la cea mai mare scară a timpului geologic, e o extrapolare a evenimentelor ce se desfăşoară în cadrul populaţiilor sau speciilor. Ei cred că există o formă mai înaltă de selecţie, pe care o numesc „selecţia speciilor". Voi discuta acest subiect în capitolul următor. Tot acolo vom întâlni o altă şcoală de biologi care, pe temeiuri la fel de şubrede, au fost uneori consideraţi antidarwinişti, aşa-numiţii „cladişti transformaţi". Intrăm astfel în domeniul taxonomiei, ştiinţa clasificării.

* Din cauza poziţiei sale de apărător al darwinismului, Dawkins a fost acuzat de rasism, acuzaţie de care nu a scăpat nici în prezent, în ciuda nenumăratelor răspunsuri în care demonstra absurditatea argumentelor folosite de detractori. (*N. red.*)

CAPITOLUL 10

Adevăratul şi unicul arbore al vieţii

Subiectul principal al cărţii de faţă e evoluţia ca soluţie la problema „proiectului" complex, evoluţia ca explicaţie reală a fenomenelor despre care Paley credea că demonstrează existenţa unui ceasornicar divin. Acesta e motivul pentru care am insistat asupra ochilor şi ecolocaţiei. Dar există un alt domeniu vast de fenomene pe care teoria evoluţiei le explică, fenomenele diversităţii: tiparele diferitelor genuri de animale şi plante răspândite în întreaga lume şi distribuţia caracteristicilor în rândul lor. Deşi mă interesează cu precădere ochii şi alte organe complexe, nu pot neglija acest aspect al rolului pe care îl joacă evoluţia în înţelegerea naturii. Prin urmare, acest capitol e dedicat taxonomiei.

Taxonomia e ştiinţa clasificării. Unora le pare pe nedrept anostă din cauza asocierii subconştiente cu muzeele prăfuite şi mirosul de formol, de parcă ar fi unul şi acelaşi lucru cu taxidermia*. În realitate, numai anostă nu e. Din motive pe care nu le înţeleg în întregime, e unul dintre domeniile cel mai intens disputate ale biologiei. Îi preocupă pe filozofi şi pe istorici. Joacă un rol important în orice discuţie privind evoluţia. Iar din rândurile taxonomiştilor provin unii dintre cei mai tranşanţi biologi moderni care se pretind a fi antidarwinişti.

Deşi taxonomiştii studiază mai ales animalele sau plantele, tot felul de alte lucruri pot fi clasificate: rocile, navele de război, cărţile dintr-o bibliotecă, stelele, limbile. Clasificarea ordonată e prezentată adesea drept o măsură luată pentru a simplifica lucrurile, o necesitate practică, ceea ce e adevărat. Cărţile dintr-o bibliotecă

---

* Împăierea animalelor. (*N. t.*)

imensă sunt aproape inutile dacă nu sunt organizate într-un mod nealeator, așa încât cărțile care tratează un anumit subiect să poată fi găsite când avem nevoie de ele. Știința – sau poate arta – bibliotecomiei e un exercițiu de taxonomie aplicată. Din același motiv biologii își simplifică viața dacă pot clasifica animalele și plantele în categorii asupra cărora să cadă de acord și care să poarte o denumire. Dar, dacă ne închipuim că acesta e unicul scop al taxonomiei plantelor și animalelor, pierdem din vedere esențialul. Pentru biologii evoluționiști clasificarea organismelor vii are o importanță aparte, care nu se regăsește în celelalte tipuri de taxonomie. Din ideea de evoluție rezultă că nu există decât un singur arbore genealogic corect al tuturor ființelor vii, iar taxonomia se poate întemeia pe el. Pe lângă unicitatea ei, această taxonomie are proprietatea remarcabilă pe care o voi numi *includerea perfectă*. Ne vom lămuri în continuare ce înseamnă acest lucru și de ce e atât de important.

Să luăm biblioteca drept exemplu de taxonomie nebiologică. Nu există o unică soluție corectă la problema clasificării cărților dintr-o bibliotecă sau dintr-o librărie. Un bibliotecar și-ar putea împărți colecția în următoarele mari categorii: știință, istorie, literatură, alte arte, lucrări în limbi străine etc. Fiecare dintre aceste mari secțiuni ale bibliotecii poate fi la rândul ei subîmpărțită. Sectorul de științe poate fi subîmpărțit în biologie, geologie, chimie, fizică etc. Cărțile din secțiunea de biologie a sectorului de științe pot fi subîmpărțite pe rafturi dedicate fiziologiei, anatomiei, biochimiei, entomologiei etc. În fine, pe fiecare dintre rafturi, cărțile ar putea fi așezate în ordine alfabetică. Celelalte sectoare ale bibliotecii – istorie, literatură, limbi străine etc. – pot fi subîmpărțite în mod asemănător. Biblioteca este deci împărțită ierarhic, astfel încât cititorii să poată ajunge la cartea pe care o caută. Clasificarea ierarhică e avantajoasă pentru că permite celui care împrumută cartea să se descurce cu ușurință prin colecția de cărți. Din același motiv, cuvintele din dicționare sunt așezate în ordine alfabetică.

Dar ierarhia în care pot fi aranjate cărțile dintr-o bibliotecă nu e unică. Un alt bibliotecar ar putea prefera să așeze aceeași colecție de cărți într-un mod diferit, însă bazat tot pe ierarhie. De pildă,

ar putea să nu aibă o secţiune separaă pentru cărţile în limbi străine şi să aşeze cărţile, indiferent de limba în care sunt scrise, în sectoarele subiectului corespunzător: cărţie de biologie în limba germană la cărţi de biologie, cărţile de istore în limba germană la cărţi de istorie şi tot aşa. Un al treilea bibliotecar ar putea adopta strategia radicală de a aşeza toate cărţile, indiferent de subiect, în ordinea cronologică a publicării, bazându-se pe fişe (sau pe echivalentul lor electronic) pentru a găsi cărţile dintr-un domeniu anume.

Aceste trei planuri de biblioteci diferă între ele, însă probabil că toate ar putea funcţiona şi ar fi considerate acceptabile de mulţi cititori, dar poate nu şi de un membru în vârstă şi cam coleric al unui club londonez, pe care l-am auzit cândva la radio criticând conducerea clubului pentru că angajase un bibliotecar. Biblioteca, spunea el, funcţionase foarte bine vreme de o sută de ani fără nici un fel de organizare şi nu vedea dece ar fi avut nevoie de organizare tocmai acum. Reporterul l-a întrebat politicos cum credea el că ar trebui aranjate cărţile. „Cele mari în stânga, cele mici în dreapta", a răcnit imediat bătrânul comn. Librăriile pentru publicul larg îşi împart cărţile în raioane care reflectă interesul cititorilor. În loc de ştiinţe, istorie, literatură, geografie şi aşa mai departe, raioanele lor sunt grădinăritul, gastronomia, „titluri TV", ştiinţe oculte etc. Ba chiar am văzut un raft pe care scria cu litere mari „RELIGIE ŞI OZN-URI".

Aşadar, nu există o soluţie *corectă* la problema clasificării cărţilor. Bibliotecarii pot avea dispute întemeiate privind strategia de clasificare, însă argumentele pe baza cărora disputele sunt câştigate sau pierdute nu includ noţiunile de „adevăr" sau „corectitudine" ale unui sistem de clasificare în raport cu altul. Argumentele în asemenea dispute sunt „comoditatea cititorilor", „rapiditatea cu care sunt găsite cărţile" etc. În acest sens, taxonomia cărţilor dintr-o bibliotecă poate fi considerată arbitrară. Ceea ce nu înseamnă câtuşi de puţin că nu e important să inventezi un sistem de clasificare bun. Înseamnă doar că nu există nici un sistem de clasificare care, într-o lume în care informaţiile ar fi complete, să fie considerat de toată lumea drept unica clasificare corectă. Pe de altă parte,

după cum vom vedea, taxonomia ființelor vii posedă această proprietate esențială, care lipsește taxonomiei cărților; sau, cel puțin, așa stau lucrurile dacă adoptăm o perspectivă evoluționistă.

Evident, putem născoci oricâte sisteme pentru clasificarea ființelor vii, dar vreau să arăt că toate acestea, cu excepția unuia singur, sunt la fel de arbitrare ca taxonomia unui bibliotecar. Dacă ar fi vorba doar de comoditate, un muzeograf și-ar putea clasifica astfel specimenele în funcție de mărime și de condițiile de păstrare: specimene mari, împăiate; specimene mici, uscate, prinse cu ace pe bucăți de plută și așezate în tăvițe; specimene ținute în borcan; specimene microscopice aflate în lamele etc. Asemenea grupări care țin cont de comoditate se întâlnesc frecvent în grădinile zoologice. În grădina zoologică din Londra, rinocerii sunt ținuți în „Casa elefanților" pentru simplul motiv că necesită același tip de cuști solide ca elefanții. Un biolog cu simț practic ar putea clasifica animalele în „dăunătoare" (subîmpărțite în paraziți medicali, agricoli și animale periculoase, care mușcă sau înțeapă), „folositoare" (subîmpărțite în mod similar) și neutre. Un nutriționist ar putea clasifica animalele în funcție de valoarea nutritivă pe care o are carnea lor pentru oameni, continuând cu subdiviziuni complicate. Bunica mea a brodat cândva învelitoarea de pânză a unei cărți pentru copii în care animalele erau clasificate în funcție de labe. Antropologii au strâns mărturii privind numeroase sisteme complexe de taxonomie animală folosite de triburi din întreaga lume.

Dar, între toate sistemele de clasificare pe care le-am putea născoci, există un sistem unic, unic în sensul că atribute precum „corect" și „incorect", „adevărat" și „fals" îl pot caracteriza în mod neambiguu, presupunând că am avea la dispoziție informații complete. Acest sistem unic e sistemul bazat pe relațiile evolutive. Pentru a evita confuziile, voi da acestui sistem numele pe care biologii îl dau formei sale celei mai stricte: taxonomia cladistă.

În taxonomia cladistă, criteriul absolut de grupare a organismelor e gradul lor de înrudire sau, cu alte cuvinte, distanța care le separă în timp de originea comună. Păsările, de pildă, se deosebesc de ne-păsări prin faptul că se trag toate dintr-un strămoș

comun, care nu e strămoş al nici unei ne-păsări. Mamiferele se trag toate dintr-un strămoş comun, care nu e strămoş al nici unui ne-mamifer. Păsările şi mamiferele au un strămoş comun mai îndepărtat, pe care îl împart cu o mulţime de alte animale, cum ar fi şerpii, şopârlele şi iguanele din Noua Zeelandă. Animalele care descind din acest strămoş comun se numesc amniote. Aşadar, păsările şi mamiferele sunt amniote. „Reptile" nu e un termen taxonomic adecvat, în opinia cladiştilor, fiindcă se defineşte prin eliminare: toate amniotele, cu excepţia păsărilor şi a mamiferelor. Cu alte cuvinte, cel mai recent strămoş comun al tuturor „reptilelor" (şerpi, broaşte ţestoase etc.) e şi strămoşul unor ne-„reptile", şi anume păsările şi mamiferele.

În clasa mamiferelor, şobolanii şi şoarecii au un strămoş comun recent; leoparzii şi leii au un strămoş comun recent; la fel cimpanzeii şi oamenii. Animalele strâns înrudite sunt acelea care au un strămoş comun recent. Animalele care sunt rude mai îndepărtate au un strămoş comun mai vechi. Animalele care au un grad de rudenie foarte îndepărtat, cum ar fi oamenii şi limacşii, au un strămoş comun foarte vechi. Organismele nu pot fi complet *ne*înrudite între ele, din moment ce e cert că viaţa, în forma aceasta, a apărut doar o singură dată pe Pământ.

Taxonomia cladistă e strict ierarhică, ceea ce înseamnă că poate fi reprezentată sub forma unui arbore ale cărui ramuri diverg mereu şi nu converg niciodată. Din perspectiva mea (cu care unele şcoli de taxonomie, după cum vom vedea, nu sunt de acord), ea e strict ierarhică *nu* pentru că e comodă clasificarea ierarhică, aşa cum e clasificarea unui bibliotecar, nici pentru că tot ce există în lume intră în mod firesc într-un tipar ierarhic, ci pur şi simplu pentru că tiparul descendenţei evolutive este ierarhic. Odată ce din arborele vieţii se desprind ramuri mai lungi decât o anumită distanţă minimă (reprezentând în esenţă frontierele dintre specii), ramurile nu se mai unesc niciodată (însă pot exista extrem de rare excepţii, cum e apariţia celulei eucariote despre care am vorbit în capitolul 7). Păsările şi mamiferele descind dintr-un strămoş comun, dar ele reprezintă acum ramuri separate ale arborelui evoluţiei şi nu se

vor mai uni niciodată: nu va exista niciodată un hibrid între o pasăre și un mamifer. Un grup de organisme având proprietatea că descind toate dintr-un strămoș comun, care nu e și strămoșul vreunui nemembru al grupului, poartă numele de *cladă*, după grecescul *klados*, care înseamnă ramură.

Ne putem reprezenta această idee de ierarhie strictă prin ceea ce numim „includerea perfectă". Scriem numele unor seturi de animale pe o coală de hârtie și trasăm cercuri în jurul seturilor înrudite. De pildă, șoarecele și șobolanul se vor afla împreună într-un cerc mic, ceea ce indică faptul că cele două animale sunt strâns înrudite, având un strămoș comun recent. Cobaiul și capibara se vor afla împreună într-un alt cerc mic. Cercurile șobolan/șoarece și cobai/capibara se vor afla, la rândul lor, împreună (și împreună de asemenea cu castorii, porcii spinoși, veveritele și multe alte animale) într-un cerc mai mare, purtând numele de „rozătoare". Cercurile din interior sunt incluse în cele exterioare, mai mari. În altă parte a colii de hârtie, leul și tigrul se vor afla în interiorul aceluiași cerc mic. Acesta va fi inclus, împreună cu altele, într-un cerc numit „feline". Felinele, câinii, nevăstuicile, urșii etc. vor fi unite toate, printr-o serie de cercuri incluse în alte cercuri, într-un singur cerc, numit „carnivore". Cercul rozătoarelor și cel al carnivorelor vor intra, printr-o serie de cercuri mai mari incluse în alte cercuri, într-un cerc foarte mare numit „mamifere".

Important la acest sistem de cercuri în alte cercuri e faptul că includerea este *perfectă*. Cercurile nu se vor intersecta niciodată. Considerați oricare două cercuri care se suprapun și întotdeauna va rămâne valabilă afirmația că cel mic se află în întregime în interiorul celui mare. Suprafața delimitată de cel interior e complet cuprinsă în cel exterior: nu există niciodată suprapuneri parțiale. Această proprietate de includere taxonomică perfectă nu se întâlnește la cărți, limbi, tipuri de sol sau școli de filozofie. Dacă un bibliotecar trasează un cerc în jurul cărților de biologie și încă unul în jurul celor de teologie, va constata că cele două cercuri se intersectează. În zona în care ele se suprapun se vor afla cărți cu titluri de genul *Biologia și credința creștină*.

Pe de altă parte, ne-am putea aştepta ca în clasificarea limbilor să întâlnim aceeaşi proprietate a includerii perfecte. După cum am văzut în capitolul 8, limbile evoluează oarecum asemănător animalelor. Limbile care s-au dezvoltat mai recent dintr-un strămoş comun, cum sunt suedeza, norvegiana şi daneza, seamănă mai mult între ele decât seamănă cu alte limbi care s-au desprins cu mai mult timp în urmă, cum e islandeza. Dar limbile, pe lângă faptul că diverg, se pot şi contopi. Limba engleză modernă e un hibrid între limbi germanice şi romanice, care se desprinseseră cu mult înainte unele de altele, aşa încât engleza nu poate fi aşezată într-o diagramă în care includerea să fie perfectă. Am constata că cercurile care înconjoară limba engleză se intersectează şi se suprapun parţial. Cercurile de clasificare biologică nu se intersectează niciodată, fiindcă evoluţia biologică dincolo de nivelul speciei e întotdeauna divergentă.

Pentru a ne întoarce la exemplul bibliotecii, nici un bibliotecar nu poate evita cu totul problema intermediarilor sau a suprapunerilor. E inutil să aşezăm secţiunile de biologie şi de teologie una lângă alta pentru a pune cărţile intermediare pe culoarul dintre ele; ce ne facem atunci cu cărţile care se află la graniţa dintre biologie şi chimie, dintre fizică şi teologie, istorie şi teologie, istorie şi biologie? Cred că nu mă înşel dacă afirm că problema intermediarilor afectează în mod inevitabil toate sistemele taxonomice, cu excepţia aceluia derivat din biologia evoluţionistă. Din experienţa personală, pot spune că această problemă îmi produce un disconfort aproape fizic atunci când îndeplinesc modestele sarcini de arhivare care apar în viaţa mea profesională: aşezarea în rafturi a cărţilor şi articolelor ştiinţifice pe care mi le trimit (cu cele mai bune intenţii) colegii mei; arhivarea documentelor administrative, a scrisorilor vechi şi aşa mai departe. Indiferent ce categorii adopţi pentru arhivare, se găsesc întotdeauna lucruri care nu se încadrează în nici una, iar neputinţa de a mă hotărî face ca – o spun cu tot regretul – să las hârtii amestecate să zacă pe masă uneori ani de-a rândul, pentru ca apoi să le pot arunca la coş cu sufletul împăcat. Adesea eşti nevoit să recurgi la categoria „diverse", care, odată

înființată, tinde să crească amenințător. Mă întreb uneori dacă bibliotecarii și muzeografii nu sunt cumva predispuși la ulcer.

În taxonomia ființelor vii nu apar asemenea probleme de clasificare. Nu există animale din categoria „diverse". Câtă vreme ne situăm deasupra nivelului speciilor și studiem doar animalele contemporane (sau animalele dintr-o anumită secțiune temporală – vezi mai jos), nu există intermediari incomozi. Dacă vreun animal pare un intermediar incomod, de pildă între păsări și mamifere, un evoluționist poate fi sigur că el *trebuie* să fie sau una, sau alta. Aparența caracterului intermediar trebuie să fie o iluzie. Nefericitul bibliotecar nu are asemenea certitudini. E perfect posibil ca o carte să aparțină în același timp secțiunii de istorie și celei de biologie. Biologii cu înclinații spre cladistică nu se complac în dezbateri de tipul celor purtate de bibliotecari, dacă e „comod" să clasificăm balenele ca mamifere sau ca pești, ori ca forme intermediare între mamifere și pești. Singurul argument pe care îl avem este cel factual. În acest caz, faptele îi conduc pe toți biologii moderni la aceeași concluzie. Balenele sunt mamifere, nu pești, și nu sunt nici măcar într-o măsură cât de mică intermediari. Ele nu sunt mai aproape de pești decât sunt oamenii, ornitorincii sau orice alt mamifer.

E important de înțeles că toate mamiferele – oameni, balene, ornitorinci și celelalte – sunt *exact la fel* de apropiate de pești, deoarece toate mamiferele sunt legate de pești printr-unul și același strămoș comun. Mitul potrivit căruia mamiferele, de pildă, ar alcătui o „scară", ale cărei trepte „inferioare" sunt mai apropiate de pești decât cele „superioare", nu e decât o formă de snobism fără legătură cu evoluția. Este o idee veche, preevoluționistă, numită uneori „marele lanț al ființei", care ar fi trebuit să fie demontată de evoluție, dar care, în chip misterios, a fost absorbită în viziunea multor oameni privind evoluția.

Ajunși în acest punct, nu mă pot abține să atrag atenția asupra ironiei conținute în provocarea pe care creaționiștii țin s-o arunce evoluționiștilor: „Arătați-ne formele intermediare. Dacă evoluția ar fi adevărată, ar trebui să existe animale aflate la jumătatea distanței între câine și pisică sau între broască și elefant. A văzut

cineva vreodată un broscolefant?" Ni s-au trimis pamflete creaţioniste care vor să ridiculizeze evoluia prin desene cu himere groteşti, de exemplu picioarele din spae ale unui cal grefate la partea din faţă a unui câine. Autorii lor par să-şi închipuie că evoluţioniştii se aşteaptă ca asemenea animale intermediare să existe. Ceea ce e nu numai neadevărat, dar chiaropusul adevărului. Una dintre predicţiile cele mai importante ale teoriei evoluţiei este că asemenea forme intermediare *trebuie* să nu existe. Asta e esenţa comparaţiei mele între animale şi cărţile dintr-o bibliotecă.

Taxonomia fiinţelor evoluate are deci proprietatea unică de a nu admite dispute într-o lume în care informaţiile ar fi complete. La asta m-am referit când am spus că termeni precum „adevărat" sau „fals" pot fi invocaţi în taxonomia cladistă, dar nu şi în taxonomia unui librar. Dar trebuie să aducem două amendamente. Primul este că în lumea reală nu avem informaţii complete. Biologii pot să nu cadă de acord asupra faptelor din trecutul îndepărtat, iar disputele pot fi greu de tranşat din pricina informaţiilor incomplete – nu sunt destule fosile, de pildă. Mă voi întoarce la acest aspect. În al doilea rând, dacă avem prea *multe* fosile, apare altă problemă. Caracterul precis şi discontinuu al clasificării poate dispărea dacă încercăm să includem toate animalele care au trăit vreodată, şi nu doar animalele contemporane. Asta se întâmplă deoarece, oricât de îndepărtate ar fi între ele două animale actuale – de pildă, o pasăre şi un mamifer –, ele au avut cândva un strămoş comun. Dacă ne propunem să includem şi acel strămoş în clasificarea noastră contemporană, e posibil să întâmpinăm dificultăţi.

Din momentul în care începem să luăm în considerare animale dispărute, nu mai rămâne valabil faptul că nu există forme intermediare. Dimpotrivă, suntem confruntaţi cu serii virtual continue de intermediari. Distincţia între păsările actuale şi ne-păsările actuale cum sunt mamiferele este netă doar pentru că formele intermediare care converg, mergând înapoi în timp, până la strămoşul comun sunt toate moarte. Pentru a face lucrurile mai clare, gândiţi-vă din nou la o ipotetică natură „generoasă" care ne-ar oferi un catalog

complet al fosilelor, astfel încât să existe câte o fosilă pentru fiecare animal care a trăit vreodată. Când am prezentat această fantezie în capitolul anterior am menționat că, dintr-un anume punct de vedere, natura ar trebui să fie de fapt *ne*generoasă. Mă gândeam atunci la truda de a studia și descrie toate fosilele, însă acum e vorba de un alt aspect al acestei paradoxale lipse de generozitate. Un catalog complet al fosilelor ar face foarte dificilă sarcina de a clasifica animalele în grupuri separate, cărora să li se poată da un nume. Dacă am avea un catalog complet al fosilelor, ar trebui să renunțăm la ideea de a da nume distincte și să recurgem la notații matematice sau grafice. Mintea umană preferă numele distincte, așa încât, într-un anume sens, e bine că avem un catalog incomplet al fosilelor.

Dacă am considera toate animalele care au trăit vreodată, nu doar pe cele actuale, cuvinte precum „om" sau „pasăre" ar deveni la fel de vagi și imprecise ca „înalt" și „gras". Zoologii pot discuta la nesfârșit dacă o anumită fosilă e sau nu pasăre. De fapt, chiar așa se întâmplă cu faimoasa fosilă *Archaeopteryx*. Se dovedește că distincția „pasăre/ne-pasăre" e mai netă decât distincția „înalt/scund" doar pentru că în cazul pasăre/ne-pasăre toți intermediarii incomozi sunt morți. Dacă s-ar declanșa o molimă cu o selectivitate stranie care ar ucide toți oamenii de înălțime intermediară, „înalt" și „scund" ar avea o semnificație la fel de precisă ca „pasăre" sau „mamifer".

Nu doar clasificarea zoologică e ferită de o ambiguitate incomodă prin simplul fapt că majoritatea intermediarilor sunt acum dispăruți. Același lucru e valabil pentru etica și justiția umană. Sistemele juridice și morale sunt profund legate de specia noastră. Directorul unei grădini zoologice are dreptul legal să eutanasieze un cimpanzeu care e în plus față de necesități, dar cea mai vagă idee de a face același lucru cu un paznic sau cu un vânzător de bilete care sunt în plus ar fi considerată o crimă monstruoasă. Cimpanzeul e proprietatea grădinii zoologice. În zilele noastre se consideră că oamenii nu sunt proprietatea nimănui, dar motivul pentru care cimpanzeii sunt astfel discriminați e rareori explicitat

şi mă îndoiesc chiar că există vreun motiv întemeiat. Atât de puternic e specismul* atitudinilor noastre inspirate de creştinism, încât avortarea unui singur zigot uman (majoritatea sunt oricum sortiţi avortului spontan) provoacă mai multă îngrijorare morală şi indignare virtuoasă decât vivisecţia a oricât de mulţi cimpanzei adulţi inteligenţi! Am auzit oameni de ştiinţă respectabili, democraţi, care nu aveau neapărat de gând să taie cimpanzei de vii, dar îşi apărau cu ardoare *dreptul* de a o face dacă ar dori, fără ca legea să se amestece. Asemenea oameni sunt de obicei primii care se revoltă la cea mai mică încălcare a drepturilor *omului*. Singurul motiv pentru care acceptăm această măsură dublă e că intermediarii dintre cimpanzeu şi om sunt cu toţii morţi.

Cel mai recent strămoş comun al oamenilor şi al cimpanzeilor a trăit probabil cu doar cinci milioane de ani în urmă, deci cu siguranţă mai recent decât strămoşul comun al cimpanzeilor şi al urangutanilor şi probabil cu treizeci de milioane de ani mai recent decât strămoşul comun al cimpanzeilor şi al maimuţelor neantropoide. Noi şi cimpanzeii avem în comun peste 99% din gene. Dacă undeva pe o insulă uitată s-ar descoperi supravieţuitori ai tuturor intermediarilor până la strămoşul comun cimpanzeu/om, oare legile şi convenţiile noastre morale n-ar fi profund afectate, mai ales că ar exista probabil şi încrucişări de-a lungul spectrului? Fie ar trebui să i se acorde întregului spectru drepturi umane depline (drept de vot pentru cimpanzei), fie ar trebui inventat un sistem complicat de legi discriminatorii gen apartheid, cu tribunale care să hotărască dacă anumiţi indivizi sunt conform legii „cimpanzei" sau „oameni", iar câte un nefericit s-ar frământa la gândul că fiică-sa vrea să se mărite cu unul dintre „ei". Bănuiesc că lumea e prea amănunţit explorată pentru a mai spera ca această fantezie revanşardă să devină vreodată realitate. Dar cine crede că „drepturile" omului sunt ceva evident şi de la sine înţeles ar trebui să reflecteze

* În sens general, prejudecata sau discriminarea bazată pe apartenenţa la o specie (prin analogie cu rasismul, care se bazează pe apartenenţa la o rasă). În particular desemnează superioritatea pe care şi-o arogă oamenii în raport cu celelalte specii de animale. (*N. red.*)

la faptul că doar norocul pur a făcut ca acești intermediari stânjenitori să nu supraviețuiască. Pe de altă parte, dacă cimpanzeii n-ar fi fost descoperiți decât acum, poate că ar fi considerați intermediari stânjenitori.

Cititorii capitolului precedent pot să remarce că întreaga argumentație potrivit căreia categoriile devin vagi dacă nu ne limităm la animalele contemporane pornește de la premisa că evoluția se produce cu o viteză constantă, nu discontinuu. Cu cât perspectiva noastră asupra evoluției se apropie de extrema transformării line și continue, cu atât devenim mai rezervați în privința posibilității de a aplica termeni precum pasăre sau ne-pasăre, om sau ne-om tuturor animalelor care au trăit vreodată. Un saltaționist ar putea crede că a existat într-adevăr un prim om, al cărui creier mutant era de două ori mai mare decât cel al tatălui său și al fratelui său care semănau cu niște cimpanzei.

Majoritatea adepților echilibrului discontinuu nu sunt, după cum am văzut, saltaționiști veritabili. Totuși, pentru ei problema ambiguității numelor e mai puțin gravă decât pentru cei care cred într-o evoluție lină. Problema denumirii s-ar pune și pentru punctuaționiști dacă fiecare animal care a trăit vreodată s-ar fi păstrat sub formă de fosilă, fiindcă punctuaționiștii sunt, la drept vorbind, gradualiști. Dar, din moment ce ei presupun că e puțin probabil să găsim fosile din perioadele scurte de tranziție rapidă și e foarte probabil să găsim fosile din perioadele lungi de stază, „problema denumirii" e mai puțin gravă din perspectiva punctuaționistă asupra evoluției decât din perspectiva ne-punctuaționistă.

Din acest motiv punctuaționiștii, în special Niles Eldredge, pun mare accent pe tratarea „speciei" ca „entitate" reală. Pentru un ne-punctuaționist, „specia" poate fi definită numai pentru că intermediarii incomozi sunt morți. Un anti-punctuaționist radical care are o perspectivă largă asupra întregii istorii a evoluției nu poate privi „specia" ca pe o entitate distinctă. El poate vedea doar un spectru continuu indistinct. Din perspectiva lui, o specie nu are un început bine precizat și doar uneori are un sfârșit bine precizat (extincția); adesea, o specie nu dispare cu desăvârșire, ci se transformă

treptat într-o altă specie. Pe de altă parte, un punctuaţionist consideră că o specie apare la un moment dat (riguros vorbind, există o perioadă de tranziţie care durează zeci de mii de ani, dar ea e scurtă în raport cu standardele geologice). În plus, pentru el o specie are un sfârşit precis, sau cel puţin rapid, şi nu se topeşte treptat într-o nouă specie. Din moment ce, din perspectivă punctuaţionistă, cea mai mare parte a vieţii unei specii se desfăşoară într-o stază neschimbătoare, iar o specie are un început şi un sfârşit bine definite, rezultă că, pentru un punctuaţionist, o specie are o „durată de viaţă" precisă, măsurabilă. Pentru un ne-punctuaţionist, o specie nu are o „durată de viaţă" ca un organism individual. Punctuaţionistul radical priveşte „specia" ca pe o entitate distinctă, care îşi merită numele. Anti-punctuaţionistul radical priveşte „specia" ca pe o porţiune arbitrară a unui râu aflat în curgere continuă, fără să existe vreun motiv special de a trasa linii care să-i delimiteze începutul şi sfârşitul.

Într-o carte punctuaţionistă despre istoria unui grup de animale, de pildă despre istoria cailor în ultimele 30 de milioane de ani, toate personajele dramei pot fi specii, nu organisme individuale, fiindcă autorul punctuaţionist crede că speciile sunt „lucruri" reale, cu propria lor identitate distinctă. Specia va intra în scenă brusc şi va dispărea la fel de brusc, înlocuită de specia succesoare. Va fi o istorie a succesiunilor, o specie lăsând locul alteia. Dar, dacă un anti-punctuaţionist ar scrie aceeaşi istorie, el ar folosi numele speciilor doar ca pe o convenţie vagă. Când priveşte de-a lungul timpului, el nu mai vede speciile ca entităţi distincte. Adevăraţii actori ai dramei sale vor fi organismele individuale din populaţiile în curs de transformare. În cartea sa, animalele individuale vor fi cele care lasă locul animalelor individuale ce descind din ele, iar nu speciile lasă locul speciilor. Nu e deci de mirare că punctuaţioniştii tind să creadă într-un soi de selecţie naturală la nivelul speciei, pe care ei o consideră analogă selecţiei darwiniste la nivel individual. Pe de altă parte, e probabil ca ne-punctuaţioniştii să considere că selecţia naturală nu acţionează la un nivel mai înalt decât cel al organismului individual. Ideea de „selecţie a speciilor" îi atrage

mai puțin, fiindcă ei nu privesc speciile ca entități cu existență distinctă de-a lungul timpului geologic.

A sosit momentul să ne ocupăm de ipoteza selecției speciilor, după cum am promis la sfârșitul capitolului precedent. Nu-i voi acorda un spațiu prea întins, deoarece mi-am exprimat îndoielile în legătură cu presupusa ei relevanță pentru evoluție în *Fenotipul extins*. Este adevărat că marea majoritate a speciilor care au trăit vreodată au dispărut. Este de asemenea adevărat că speciile noi apar într-un ritm care e cel puțin egal cu ritmul dispariției, așadar există un fel de „rezervă a speciilor" a cărei compoziție se modifică mereu. Recrutarea nealeatoare pentru „rezerva speciilor" și eliminarea nealeatoare a speciilor din ea ar putea reprezenta într-adevăr, teoretic, un fel de selecție naturală la un nivel mai înalt. E posibil ca anumite caracteristici ale speciilor să influențeze probabilitatea ca ele să dispară sau să dea naștere unor noi specii. Speciile pe care le vedem în jurul nostru tind să aibă exact ce le trebuie pentru a veni pe lume – pentru a fi „speciate" – și ce le trebuie pentru a nu dispărea. Puteți considera asta o formă de selecție naturală, dacă doriți, deși bănuiesc că seamănă mai mult cu selecția într-un singur pas decât cu selecția cumulativă. Mă îndoiesc însă că acest gen de selecție ar avea o mare importanță în explicarea evoluției.

Poate că asta nu reflectă decât ideile mele preconcepute în legătură cu ce e și ce nu e important. După cum spuneam la începutul capitolului, ce-mi doresc eu în primul rând de la o teorie a evoluției este să explice mecanisme complexe, bine concepute, precum inima, mâinile, ochii și ecolocația. Nimeni, nici măcar cel mai înflăcărat partizan al selecției speciilor, nu își închipuie că selecția speciilor poate face asta. Unii cred însă că selecția speciilor poate să explice anumite tendințe pe termen lung din catalogul fosilelor, cum ar fi tendința deseori observată spre creșterea dimensiunilor corpului odată cu trecerea timpului. După cum am văzut, caii de azi sunt mai mari decât strămoșii lor de acum 30 de milioane de ani. Partizanii selecției speciilor resping ideea că acest lucru se datorează consistentului avantaj individual: ei nu cred că din această tendință a fosilelor rezultă faptul că acei cai individuali care erau

mai mari au avut un succes mai mare în cadrul speciei lor decât caii mici. Ei cred că s-a întâmplat următorul lucru: au existat multe specii, o „rezervă a speciilor". La unele specii dimensiunea medie a corpului era mare, la altele era mică (poate fiindcă la unele specii indivizii mari se descurcau mai bine, iar la alte specii indivizii mici se descurcau mai bine). Era mai puţin probabil să dispară speciile de talie mare (sau era mai probabil ca ele să dea naştere altor specii, care să le semene) decât cele de talie mică. Din perspectiva partizanilor selecţiei speciilor, indiferent ce s-ar fi întâmplat în cadrul speciilor, tendinţa fosilelor de a avea o talie tot mai mare s-a datorat unei succesiuni de *specii* de talie tot mai mare. E posibil chiar ca la majoritatea speciilor să fi fost favorizaţi indivizii de talie *mai mică*, dar tendinţa fosilelor ar fi fost tot către talie mare. Cu alte cuvinte, selecţia *speciilor* ar putea favoriza acea minoritate a speciei în care indivizii mai mari sunt favorizaţi. Exact aceeaşi observaţie a fost făcută de marele teoretician neodarwinist George C. Williams – ce-i drept, jucând rolul de „avocat al diavolului" – cu mult înainte ca ideea modernă a selecţiei speciilor să fi intrat în scenă.

Se poate spune că avem aici – şi poate în toate aşa-zisele exemple de selecţie a speciilor – nu atât o tendinţă evoluţionistă, cât mai degrabă o tendinţă *succesională*, la fel ca tendinţa către plante din ce în ce mai mari când un terer necultivat e colonizat pe rând de bălării, ierburi mai mari, tufe şi în cele din urmă, la „apogeu", de copaci. Indiferent dacă o numeşti tendinţă succesională sau tendinţă evolutivă, partizanii selecţiei speciilor pot fi îndreptăţiţi să creadă că acest gen de tendinţă e cea pe care ei, ca paleontologi, o observă în straturile succesive ale catalogului fosilelor. Dar, după cum spuneam, nimeni nu susţine că selecţia speciilor ar fi o explicaţie importantă pentru evoluţia adaptărilor complexe. Iată de ce.

În majoritatea cazurilor, adaptările complexe nu sunt proprietăţi ale speciilor, ci ale indivizilor. Nu speciile, ci indivizii care le alcătuiesc au ochi şi inimi. Dacă o specie dispare din pricina vederii proaste, asta înseamnă probabil că fiecare individ din acea specie a murit din cauza vederii proaste. Calitatea vederii e o proprietate

a animalelor individuale. Ce fel de trăsături pot avea *speciile*? Răspunsul ar trebui să fie trăsături care afectează supraviețuirea și reproducerea speciilor în moduri care nu se pot reduce la suma efectelor lor asupra supraviețuirii și reproducerii indivizilor. În exemplul ipotetic al caiilor am sugerat că acea minoritate a speciei în care indivizii de talie mare sunt favorizați e mai puțin probabil să dispară decât majoritatea speciei în care indivizii de talie mică sunt favorizați. Dar asta nu sună prea convingător. E greu să găsim motive pentru care capacitatea de supraviețuire a unei specii să fie disociată de suma capacităților de supraviețuire ale membrilor individuali ai speciei.

Un exemplu mai bun de trăsătură la nivel de specie este următorul. Să presupunem că, în cadrul unei specii, toți indivizii își duc traiul în același mod. Toți urșii koala, de pildă, trăiesc în eucalipți și se hrănesc cu frunze de eucalipt. Asemenea specii pot fi numite uniforme. Alte specii pot conține o diversitate de indivizi care trăiesc în moduri diferite. Fiecare individ poate fi la fel de specializat cum e un urs koala individual, dar specia în ansamblul ei conține o diversitate de obiceiuri alimentare. Unii membri ai speciei mănâncă numai frunze de eucalipt, alții numai grâu, alții numai rădăcini de igname, alții numai coajă de lămâie și așa mai departe. Să numim speciile de acest al doilea tip specii pestrițe. Cred că sunt ușor de închipuit împrejurările în care speciile uniforme e mai probabil să dispară decât speciile pestrițe. Urșii koala sunt total dependenți de proviziile de eucalipt, iar o boală a eucaliptului în genul bolii ulmilor olandez i-ar lichida. Pe de altă parte, la speciile pestrițe, *unii* membri ai speciei ar supraviețui oricărei boli a plantelor folosite ca hrană, iar specia ar supraviețui. E de asemenea ușor de închipuit că speciile pestrițe e mai probabil să dea naștere unor specii noi decât speciile uniforme. Aici am putea avea exemple de veritabilă selecție la nivel de specie. Spre deosebire de miopie sau de însușirea de a avea picioare lungi, „caracterul uniform" și „caracterul pestriț" sunt veritabile trăsături la nivel de specie. Problema e că asemenea exemple de trăsături la nivel de specie sunt puține și rare.

Există o teorie interesantă a evoluţionistului american Egbert Leigh care poate fi interpretată drept exemplu de veritabilă selecţie la nivelul de specie, deşi ea a fost propusă înainte ca expresia „selecţia speciilor" să fie la modă. Leigh era interesat de eterna problemă a evoluţiei comportamentului „altruist" al indivizilor. El a observat în mod corect că, dacă interesele individuale intră în conflict cu cele ale speciei, interesele individuale – interesele pe termen scurt – trebuie să prevaleze. Se pare că nimic nu poate opri marşul genelor egoiste. Dar Leigh a lansat următoarea ipoteză interesantă. Trebuie să existe unele grupuri sau specii la care binele individual aproape coincide cu binele speciei. Şi trebuie să existe alte specii la care interesele individuale diferă mult de cele ale speciei. Presupunând că în celelalte privinţe sunt identice, al doilea tip de specii e mai probabil să dispară decât primul tip. Prin urmare, o formă de selecţie a speciilor ar putea favoriza nu sacrificiul de sine individual, ci acele specii la care indivizilor nu li se *cere* să-şi sacrifice bunăstarea proprie. Am vedea atunci evoluând un comportament individual aparent neegoist, fiindcă selecţia speciilor a favorizat acele specii la care interesul propriu al indivizilor e cel mai bine slujit de altruismul aparent.

Poate că cel mai spectaculos exemplu de veritabilă trăsătură la nivel de specie se leagă de modul de reproducere, sexuată sau asexuată. Din motive pe care nu am spaţiu să le explic aici, existenţa reproducerii sexuate reprezintă o mare problemă teoretică pentru darwinişti. Cu mulţi ani în urmă, R.A. Fisher, de regulă ostil oricărei idei de selecţie la nivel mai înalt decât cel al organismelor individuale, era gata să facă o excepţie în cazul sexualităţii. Speciile care se reproduc sexuat, spunea el, din motive pe care iarăşi nu le voi explica (şi care nu sunt chiar atât de simple pe cât ne-am putea închipui), pot evolua mai repede decât speciile care se reproduc asexuat. Evoluţia ţine de specii, nu de organismele individuale: nu putem spune că un organism evoluează. Fisher lăsa deci să se înţeleagă că selecţia la nivel de specie e în parte răspunzătoare de faptul că reproducerea sexuată e atât de răspândită printre animalele care trăiesc în prezent. Dar, dacă aşa stau lucrurile,

avem de-a face cu un caz de selecție într-un singur pas, nu cu una cumulativă.

Conform acestui raționament, speciile asexuate tind să dispară fiindcă nu evoluează suficient de repede pentru a ține pasul cu schimbările mediului. Speciile sexuate tind să nu dispară fiindcă pot evolua suficient de repede. Așadar, în jurul nostru vedem mai cu seamă specii sexuate. Dar „evoluția" al cărei ritm variază între cele două sisteme este, desigur, evoluția darwinistă obișnuită prin selecție cumulativă la nivel individual. Selecția speciilor e o selecție simplă într-un singur pas, care are de ales doar între două trăsături: sexuat sau asexuat, evoluție lentă sau evoluție rapidă. Mecanismele sexualității, organele sexuale, comportamentul sexual, mecanismul celular al diviziunii celulei sexuale, toate acestea trebuie să fi fost create de selecția darwinistă cumulativă standard la nivelul indivizilor, *nu* de selecția speciilor. În orice caz, majoritatea biologilor contemporani se opun vechii teorii conform căreia sexualitatea e menținută de un tip de selecție la nivel de grup sau de specie.

În concluzie, selecția speciilor ar putea explica tiparul speciilor existente în lume la un moment dat. De aici rezultă că ea ar putea de asemenea explica modificarea tiparelor speciilor pe măsura scurgerii erelor geologice, adică modificarea tiparelor din catalogul fosilelor. Dar ea nu e o forță semnificativă în evoluția mecanismului complex al vieții. Ea poate cel mult alege între diferite mecanisme complexe alternative, presupunând că aceste mecanisme complexe au fost deja create prin veritabila selecție darwinistă. După cum am mai spus, s-ar putea ca selecția speciilor să existe, dar nu pare să *facă* prea multe! Să ne întoarcem acum la taxonomie și la metodele ei.

Am spus că taxonomia cladistă, spre deosebire de taxonomia unui librar, are avantajul că în natură există un tipar unic cu adevărat ierarhic de includere perfectă, care așteaptă să fie descoperit. Tot ce trebuie să facem e să elaborăm metodele de a-l descoperi. Din păcate, apar dificultăți de ordin practic. Cea mai interesantă dintre ele e convergența evolutivă. Fenomenul este atât de important, încât i-am dedicat deja o jumătate de capitol. În capitolul 4

am văzut numeroase exemple de animale neînrudite din diferite părţi ale lumii care au ajuns să semene între ele datorită modurilor de viaţă asemănătoare. Furnicile războinice din Lumea Nouă seamănă cu furnicile-vizitiu din Lumea Veche. Asemănări stranii au apărut între peştii electrici din Africa şi din America de Sud sau între adevăraţii lupi şi „lupul" marsupial *Thylacinus* din Tasmania. În toate cazurile am afirmat pur şi simplu fără vreo justificare că aceste asemănări sunt convergente: s-au dezvoltat în mod independent la animale care nu sunt înrudite. Dar de unde ştim că nu sunt înrudite? Dacă taxonomiştii folosesc asemănările pentru a măsura gradul de înrudire, de ce n-au fost induşi în eroare de asemănările incredibil de mari ce par să unească aceste perechi de animale? Sau, inversând întrebarea, atunci când taxonomiştii ne spun că două animale *sunt* într-adevăr strâns înrudite – de pildă, iepurii de casă şi iepurii de câmp –, de unde ştim că nu s-au lăsat păcăliţi de o convergenţă puternică?

Întrebarea e cu adevărat tulburătoare, fiindcă istoria taxonomiei e plină de cazuri în care taxonomiştii au afirmat că predecesorii lor se înşelaseră tocmai din acest motiv. În capitolul 4 am văzut că un taxonomist argentinian susţinuse că litopternele sunt strămoşii cailor, însă acum se crede că sunt convergente cu caii veritabili. S-a crezut multă vreme că porcul spinos african e înrudit cu porcul spinos american, dar acum se crede că cele două grupuri şi-au dezvoltat ţepii pe cont propriu. E de presupus că ţepii le erau ambilor de folos, din motive asemănătoare, pe cele două continente. Cine poate şti dacă generaţiile viitoare de taxonomişti nu se vor răzgândi? Câtă încredere putem acorda taxonomiei, dacă evoluţia convergentă poate produce asemănări aparente atât de izbitoare? Motivul principal pentru care eu unul sunt optimist este intrarea în scenă a unor noi tehnici puternice bazate pe biologia moleculară.

Să ne aducem aminte din capitolele anterioare că toate animalele, plantele şi bacteriile, oricât de diferite ar părea între ele, sunt uimitor de uniforme când ajungem la nivelul molecular. Codul genetic însuşi e exemplul cel mai spectaculos. Dicţionarul genetic are 64 de cuvinte de ADN, fiecare având trei litere. Fiecare dintre

aceste cuvinte are o traducere exactă în limbajul proteinelor (fie un aminoacid anume, fie un semn de punctuație). Limbajul pare să fie arbitrar în același sens în care și limbajul uman e arbitrar (nu există nimic intrinsec în sunetul cuvântului „casă", de pildă, care să-i sugereze ascultătorului vreun atribut al locuirii). Acestea fiind zise, e extrem de important faptul că fiecare ființă vie, oricât de mult ar diferi de altele în aparența ei exterioară, „vorbește" aproape exact același limbaj la nivelul genelor. Codul genetic e universal. Aceasta mi se pare dovada aproape irefutabilă a faptului că toate organismele descind dintr-un strămoș comun unic. Șansele ca același dicționar de „sensuri" arbitrare să apară de două ori sunt inimaginabil de mici. După cum am văzut în capitolul 6, e posibil să fi existat cândva alte organisme care să fi folosit un limbaj genetic diferit, însă ele au dispărut. Toate organismele supraviețuitoare descind dintr-un singur strămoș, de la care au moștenit un dicționar genetic care, deși arbitrar, e aproape identic – identic pentru aproape fiecare dintre cele 64 de cuvinte ADN.

Imaginați-vă impactul acestui lucru asupra taxonomiei. Înainte de epoca biologiei moleculare, zoologii nu puteau stabili gradul de înrudire decât pentru animale care aveau în comun un număr mare de trăsături anatomice. Biologia moleculară a dezvăluit brusc un nou tezaur de asemănări ce se adăuga listei sărăcăcioase oferite de anatomie și embriologie. Cele 64 de identități („asemănări" e un cuvânt prea slab) ale dicționarului genetic comun au fost punctul de pornire. Taxonomia s-a transformat. Ceea ce înainte vreme nu erau decât vagi bănuieli în privința înrudirii au devenit cvasi-certitudini statistice.

Universalitatea aproape desăvârșită, cuvânt cu cuvânt, a dicționarului genetic e pentru taxonomist dovada că ce-i prea mult strică. După ce ne-a spus că toate ființele vii sunt înrudite, ea nu ne poate spune și care veri sunt rude mai apropiate și care rude mai îndepărtate. Alte informații moleculare însă o pot face, fiindcă aici nu găsim identitate totală, ci diferite grade de asemănare. Produsul mecanismului genetic de traducere sunt moleculele de proteine.

Fiecare moleculă de proteină e c frază, un lanţ de cuvinte-aminoacizi din dicţionar. Putem citi aceste fraze, fie în forma lor tradusă în proteine, fie în forma originară ADN. Deşi toate fiinţele vii au în comun acelaşi dicţionar, nu toate formează aceleaşi fraze pornind de la dicţionarul lor comun. Asta ne oferă posibilitatea de a determina diferitele grade de înrudire. Frazele de proteine, deşi diferă în detalii, sunt deseori asemănătoare în tiparul de ansamblu. Pentru orice pereche de organisme putem găsi oricând fraze care să fie suficient de asemănătoare pentru a reprezenta în mod evident versiuni „deformate" ale aceleiaşi fraze străvechi. Am văzut deja acest lucru în exemplul diferenţelor minore dintre secvenţele de histonă la vacă şi la mazăre.

Taxonomiştii pot acum să compare frazele moleculare exact aşa cum compară craniile sau oasele picioarelor. Putem presupune că fraze foarte asemănătoare de ADN sau de proteine provin de la veri apropiaţi; cele care diferă mai mult provin de la veri mai îndepărtaţi. Aceste fraze sunt toate construite pornind de la dicţionarul universal, care nu conţine decât 64 de cuvinte. Frumuseţea biologiei moleculare moderne este că putem măsura cu precizie diferenţa dintre două animale prin numărul de cuvinte diferite ale unei anume fraze în cele două versiuni. În termenii hiperspaţiului genetic din capitolul 3, putem măsura cu precizie câţi paşi separă un animal de altul, cel puţin în privinţa unei anumite molecule de proteine.

Un alt avantaj al folosirii secvenţelor moleculare în taxonomie este acela că majoritatea transformărilor evolutive care se produc la nivel molecular sunt *neutre* – după cum susţin geneticienii „neutralişti" (ne vom reîntâlni cu ei în capitolul următor). Asta înseamnă că ele nu se datorează selecţiei naturale, ci sunt pur aleatoare, prin urmare, făcând abstracţie de coincidenţele accidentale, convergenţa nu îl mai poate induce în eroare pe taxonomist. De asemenea, după cum am văzut, fiecare tip de moleculă pare să evolueze într-un ritm relativ constant la grupuri de animale extrem de diferite. Asta înseamnă că numărul diferenţelor între moleculele comparabile la două animale – între, de pildă, citocromul uman

şi citocromul porcului alergător – reprezintă o bună măsură a timpului scurs de când trăia strămoşul lor comun. Avem un „ceas molecular" destul de precis. Ceasul molecular ne permite să estimăm nu numai ce perechi de organisme au cei mai recenţi strămoşi comuni, dar şi aproximativ *când* anume au trăit aceştia.

În acest moment cititorii ar putea fi nedumeriţi de o aparentă contradicţie. Am subliniat mereu importanţa uriaşă a selecţiei naturale. Cum se face că subliniem acum caracterul aleator al transformărilor evolutive la nivel molecular? Anticipând cele ce voi spune în capitolul 11, aflaţi că nu există nici o dispută în privinţa evoluţiei adaptărilor, subiectul principal al acestei cărţi. Nici măcar cei mai fervenţi neutralişti nu cred că organe complexe precum ochiul sau mâinile au apărut din întâmplare. Orice biolog întreg la minte e de acord că acestea nu s-au putut dezvolta decât prin selecţie naturală. Numai că neutraliştii sunt de părere – pe bună dreptate, cred eu – că asemenea adaptări sunt doar vârful aisbergului: probabil că majoritatea transformărilor evolutive, privite la nivel molecular, sunt nefuncţionale.

Câtă vreme ceasul molecular rămâne o certitudine – şi pare să fie adevărat faptul că fiecare tip de moleculă se modifică aproximativ în ritmul ei caracteristic la scara milioanelor de ani – îl putem folosi pentru a data punctele de ramificare din arborele evoluţiei. Iar dacă e adevărat că majoritatea transformărilor evolutive la nivel molecular sunt neutre, acesta e un dar minunat pentru taxonomist. Înseamnă că problema convergenţei poate fi eliminată cu ajutorul statisticii. Fiecare organism are volume uriaşe de text genetic înscris în celulele sale, text din care cea mai mare parte, conform teoriei neutraliste, nu are nimic de-a face cu adaptarea la stilul său particular de viaţă; text care, în mare măsură, rămâne neatins de selecţie şi nu e supus evoluţiei convergente decât în mod pur întâmplător. Probabilitatea ca două mari fragmente de text neutru din punctul de vedere al selecţiei să semene între ele din pură întâmplare poate fi calculată şi e într-adevăr foarte mică. Mai mult, ritmul constant al evoluţiei moleculare ne permite să *datăm* punctele de ramificare din istoria evolutivă.

Ajutorul primit de taxonomist din partea tehnicilor moleculare e excepţional. Desigur, nu au fost descifrate încă toate frazele moleculare ale tuturor organismelor, dar putem deja căuta într-o bibliotecă exprimarea exactă, cuvânt cu cuvânt şi literă cu literă, a frazelor alfa-hemoglobinei la câine, cangur, furnicar ţepos, găină, viperă, triton, crap şi om. Nu toate animalele au hemoglobină, dar există alte proteine – de exemplu, histonele – ale căror versiuni există în fiecare animal şi plantă, iar multe dintre ele pot fi deja căutate în bibliotecă. Acestea nu sunt măsurători vagi, de genul celor care pot varia în funcţie de vârsta şi de starea de sănătate a specimenului, ca în cazul lungimii piciorului sau al diametrului craniului, şi nici măcar nu sunt supuse eventualelor erori de măsurare. Sunt versiuni alternative exprimate în cuvinte precise ale aceleiaşi fraze în aceeaşi limbă, care pot fi aşezate faţă în faţă şi comparate între ele la fel de amănunţit şi de exact cum compară un elenist două pergamente ale aceleiaşi Evanghelii. Secvenţele de ADN sunt documentele evanghelice ale întregii vieţi, iar noi am învăţat să le descifrăm.

Premisa majoră a taxonomiştilor este că verii apropiaţi vor avea versiuni mai asemănătoare ale unei anumite fraze moleculare decât verii îndepărtaţi. Acesta poartă numele de „principiul parcimoniei". Parcimonia e un sinonim al zgârceniei. Fiind dat un set de animale ale căror fraze sunt cunoscute, de pildă cele opt animale enumerate în paragraful precedent, sarcina noastră e să descoperim care e cea mai parcimonioasă diagramă-arbore dintre toate cele posibile. Cel mai parcimonios arbore este acela care e cel mai „zgârcit" în presupuneri, în sensul că presupune numărul minim de schimbări ale cuvintelor în cursul evoluţiei şi cantitatea minimă de convergenţă. Improbabilitatea pur statistică ne îndreptăţeşte să presupunem cantitatea minimă de convergenţă. Este puţin probabil, mai ales dacă mare parte din evoluţia moleculară e neutră, ca două animale neînrudite să fi nimerit peste exact aceeaşi secvenţă, cuvânt cu cuvânt, literă cu literă.

Încercarea de a cerceta toţi arborii posibili se loveşte de dificultăţi de calcul. Dacă avem doar trei animale de clasificat, numărul arborilor posibili este doar trei: A unit cu B excluzându-l pe C,

A cu C excluzându-l pe B şi B cu C excluzându-l pe A. Puteţi face acelaşi calcul pentru numere mai mari de animale, iar numărul arborilor posibili creşte brusc. Dacă avem doar patru animale de clasificat, numărul tuturor arborilor genealogici posibili este 15, iar calculatorului nu-i ia prea mult timp să determine care dintre cele 15 variante e cea mai parcimonioasă. Dar, dacă luăm în considerare 20 de organisme, numărul tuturor arborilor posibili este 8 200 794 532 637 891 559 375 (vezi figura 9). Celui mai rapid calculator din ziua de azi i-ar lua 10 000 de milioane de ani, adică aproape vârsta universului, pentru a descoperi cel mai parcimonios arbore pentru doar 20 de organisme. Iar taxonomiştii vor deseori să construiască arborii pentru mai mult de 20 de organisme.

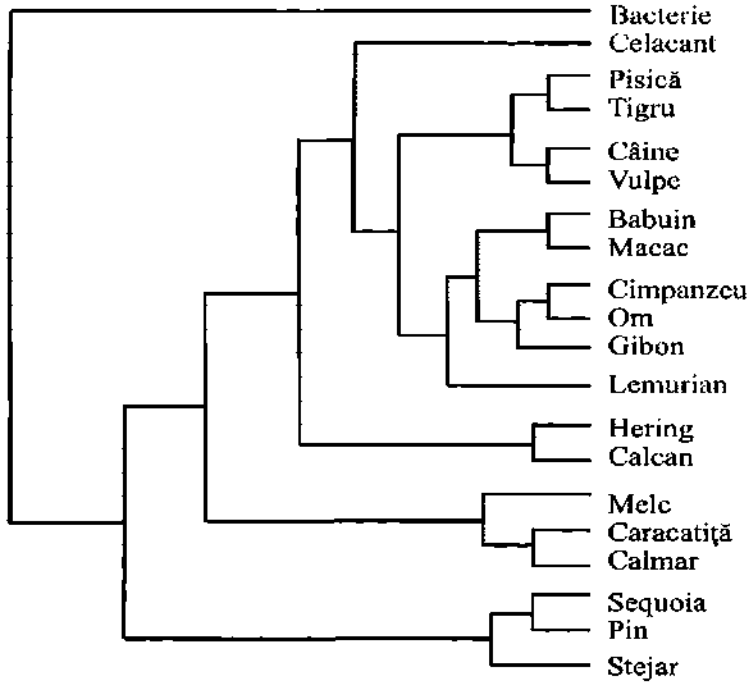


Figura 9

Acest arbore genealogic e corect. Există alte 8 200 794 532 637 891 559 374 moduri de a clasifica aceste 20 de organisme, iar toate sunt greşite.

Taxonomiştii moleculari au fost primii care au subliniat importanţa problemei numerelor exploziv de mari, dar ea a planat mereu şi asupra taxonomiei nemoleculare. Taxonomiştii nemoleculari au eludat-o pur şi simplu făcând presupuneri bazate pe intuiţie. Din toţi arborii genealogici posibili, putem elimina imediat un număr imens – de pildă, toate acele milioane de arbori imaginabili care aşază omul mai aproape de râme decât de cimpanzei. Taxonomiştii nici nu-şi bat capul cu arbori evident absurzi, ci îi iau în considerare doar pe cei relativ puţini care nu intră în contradicţie flagrantă cu presupunerile lor. Probabil că sunt îndreptăţiţi s-o facă, deşi există întotdeauna riscul ca arborele cel mai parcimonios să fie printre aceia eliminaţi din start. Şi calculatoarele pot fi programate să aleagă „scurtături", iar problema numerelor exploziv de mari e astfel eliminată.

Informaţia moleculară e atât de bogată, încât putem face şi reface taxonomia în mod separat pentru diferite proteine. Astfel, putem folosi concluziile trase din studiul unei molecule pentru a verifica concluziile bazate pe studiul altei molecule. Dacă ne temem că povestea spusă de o proteină e distorsionată de convergenţă, o putem verifica imediat studiind altă proteină. Evoluţia convergentă e un caz particular de coincidenţă, iar coincidenţele, admiţând că au loc o dată, e foarte puţin probabil să aibă loc de două ori. Şi încă mai puţin probabil să aibă loc de trei ori. Considerând din ce în ce mai multe proteine putem elimina coincidenţele.

De pildă, în studiul unui grup de biologi neozeelandezi au fost clasificate 11 animale, şi nu o dată, ci de cinci ori în mod independent, folosind cinci proteine diferite. Cele 11 animale erau: oaie, macac, cal, cangur, şobolan, iepure, câine, porc, om, vacă şi cimpanzeu. Ideea era de a obţine mai întâi un arbore al relaţiilor între cele 11 animale folosind o proteină. Urma apoi să se verifice dacă se obţine *acelaşi* arbore folosind o altă proteină, iar operaţia se repeta pentru a treia, a patra şi a cincea proteină. Teoretic, dacă evoluţia nu e adevărată, e posibil ca fiecare dintre cele cinci proteine să conducă la un arbore al „relaţiilor" complet diferit.

Cele cinci secvențe proteice erau disponibile și puteau fi căutate în bibliotecă pentru toate cele 11 organisme. Pentru 11 organisme există 654 729 075 arbori posibili și a trebuit să se apeleze la „scurtăturile" obișnuite. Pentru fiecare dintre cele cinci molecule proteice calculatorul a imprimat cel mai parcimonios arbore al relațiilor. De aici rezultă cinci variante optime independente pentru adevăratul arbore al relațiilor între aceste 11 organisme. Cel mai bun rezultat la care putem spera este ca toți cei cinci arbori estimați să fie identici. Probabilitatea de a ajunge la acest rezultat din pură întâmplare este într-adevăr foarte mică: numărul are 31 de zerouri după virgulă. Nu trebuie să fim surprinși dacă nu obținem o concordanță perfectă: e de așteptat să apară într-o oarecare măsură evoluția convergentă și coincidența. Ar trebui totuși să ne îngrijoreze dacă nu obținem un bun acord între diferiții arbori. S-a dovedit că cei cinci arbori nu sunt perfect identici, dar sunt foarte asemănători. Toate cele cinci molecule au căzut de acord să așeze omul, cimpanzeul și macacul unul lângă altul, dar au apărut dezacorduri în privința animalului care ar trebui să se afle cel mai aproape de acest grup: hemoglobina B spune că e câinele; fibrinopeptida B spune că e șobolanul; fibrinopeptida A spune că e un grup format din șobolan și iepure; hemoglobina A spune că e un grup format din șobolan, iepure și câine.

Avem fără îndoială un strămoș comun cu câinele și un alt strămoș comun cu șobolanul. Acești doi strămoși au existat într-adevăr la un moment dat în istorie. Unul dintre ei trebuie să fie mai recent decât celălalt, deci fie hemoglobina B, fie fibrinopeptida B se înșală în estimarea relațiilor evolutive. După cum am mai spus, nu trebuie să ne îngrijoreze asemenea discrepanțe minore. O anumită doză de convergență și coincidență e de așteptat. Dacă suntem într-adevăr mai apropiați de câine, înseamnă că omul și șobolanul au convers unul spre altul în privința fibrinopeptidei B. Dacă suntem într-adevăr mai apropiați de șobolan, înseamnă că omul și câinele au convers unul spre altul în privința hemoglobinei B. Ne putem face o idee care dintre aceste două variante e mai probabilă dacă

studiem şi alte molecule. Dar n-are rost să insist: demonstraţia a fost făcută.

Am spus că taxonomia e unul dintre domeniile biologiei care trezesc cele mai multe susceptibilităţi. Stephen Gould a caracterizat-o foarte bine: „denumiri şi răutăţi". Taxonomiştii sunt foarte ataşaţi de şcolile lor de gândire, într-un fel pe care ne-am putea aştepta să-l întâlnim în ştiinţele politice şi economice, dar mai puţin în ştiinţele naturii. E limpede că membrii unei anumite şcoli de taxonomie se consideră o confrerie aflată sub asediu, la fel ca primii creştini. Am înţeles asta pentru prima dată când un taxonomist, alb la faţă de spaimă, mi-a dat „vestea" că X (n-are importanţă numele) „*a trecut dincolo*, în tabăra cladiştilor".

Probabil că următoarea trecere în revistă a şcolilor taxonomice îi va irita pe unii membri ai acestor şcoli, dar nu mai mult decât obişnuiesc ei să se înfurie unii pe alţii, deci răul făcut nu va fi prea mare. La nivelul principiilor fundamentale, taxonomiştii se împart în două tabere principale. Pe de o parte sunt cei care nu se sfiesc să declare că scopul lor e acela de a descoperi relaţii evolutive. Pentru ei (ca şi pentru mine), un arbore taxonomic bun *este* un arbore genealogic al relaţiilor evolutive. Când te ocupi de taxonomie, foloseşti toate metodele pe care le ai la dispoziţie pentru a stabili cu cât mai mare precizie gradul de înrudire dintre animale. E greu de găsit un nume pentru aceşti taxonomişti, fiindcă numele cel mai potrivit, „taxonomişti evoluţionişti", a fost uzurpat de o subşcoală. Uneori sunt numiţi „filetici şti". Am scris acest capitol până acum dintr-o perspectivă filetică.

Dar există mulţi taxonomişti care procedează diferit, şi au motivele lor. Deşi sunt probabil de acord că scopul ultim al taxonomiei este să faci descoperiri privind relaţiile evolutive, ei insistă asupra faptului că practica taxonomică trebuie separată de teoria – evoluţionistă, se presupune – care a condus la tiparele asemănărilor. Aceşti taxonomişti studiază tiparele asemănărilor în mod de sine stătător. Ei nu fac presupuneri privind cauzele evolutive ale tiparelor asemănărilor sau privind legătura dintre asemănări şi înrudire.

Ei preferă să-şi construiască taxonomia folosind doar tiparul asemănărilor.

Un avantaj al acestei abordări este că, dacă te îndoieşti de adevărul evoluţiei, poţi folosi tiparul asemănărilor pentru a o testa. Dacă evoluţia e adevărată, asemănările dintre animale trebuie să urmeze anumite tipare previzibile, în special tiparul includerii ierarhice perfecte. Dacă evoluţia e falsă, nu se poate spune la ce tipar trebuie să ne aşteptăm, dar nu avem nici un motiv evident să ne aşteptăm la un tipar al includerii ierarhice perfecte. Această şcoală insistă că, dacă porneşti de la ideea că evoluţia e adevărată când faci studii taxonomice, nu poţi folosi apoi rezultatele cercetării taxonomice în sprijinul adevărului evoluţiei: e un cerc vicios. Argumentul ar fi pertinent dacă ar exista cineva care să aibă vreun dubiu cu privire la adevărul evoluţiei. Şi pentru această a doua şcoală taxonomică e greu de găsit un nume potrivit. Îi voi numi „măsurătorii asemănării pure".

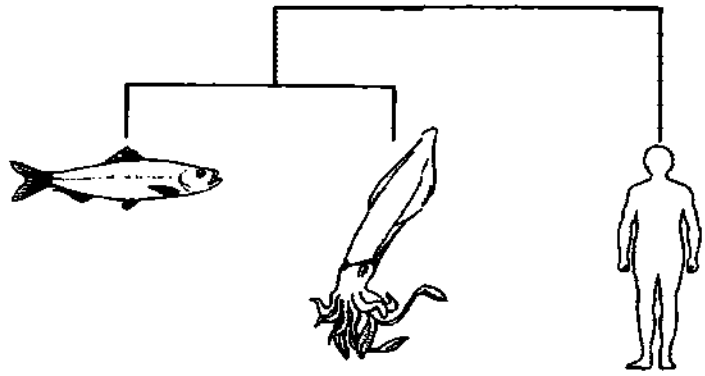
Fileticiştii, taxonomiştii care încearcă în mod declarat să descopere relaţii evolutive, se împart la rândul lor în două şcoli de gândire. Există pe de o parte cladiştii, care urmează principiile lui Willi Hennig din celebra sa carte *Sistematica filogeneticii*, iar pe de altă parte taxonomiştii evoluţionişti „tradiţionali". Cladiştii sunt obsedaţi de ramuri. Pentru ei, scopul taxonomiei este să descopere ordinea în care filiaţiile se despart unele de altele în timpul evoluţiei. Pe ei nu-i interesează cât de mult sau cât de puţin s-au transformat aceste filiaţii după ramificare. Taxonomiştii evoluţionişti „tradiţionali" (nu luaţi numele în sens peiorativ) se deosebesc de cladişti în primul rând prin faptul că nu iau în considerare doar ramificarea. Ei ţin cont şi de cantitatea totală de transformări care au loc în cursul evoluţiei.

Cladiştii judecă totul în termeni de arbori care se ramifică. Ei încep, în principiu, prin a desena toţi arborii posibili pentru toate animalele de care se ocupă (luând în considerare doar bifurcările, pentru că răbdarea oricui are totuşi limite!). După cum am văzut când am vorbit despre taxonomia moleculară, acest lucru devine dificil dacă încerci să clasifici multe animale – numărul arborilor

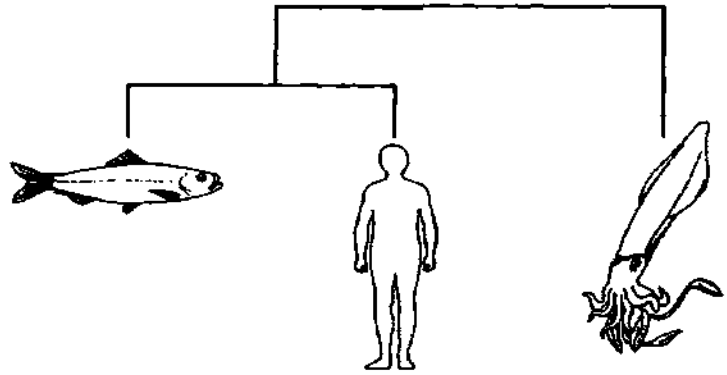
posibili capătă proporţii astronomice. Dar, după cum de asemenea am văzut, există scurtături şi aproximaţii utile, ceea ce înseamnă că acest gen de taxonomie poate fi pus în practică.

Dacă încercăm, de pildă, să clasificăm doar trei animale, calmar, hering şi om, singurii trei arbori posibili care se ramifică prin bifurcare sunt următorii:

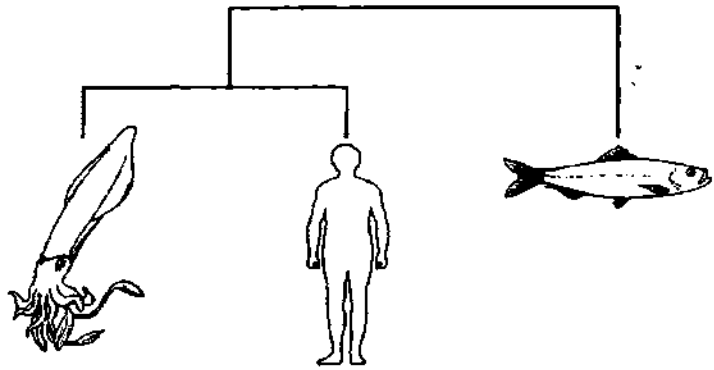
1. Calmarul şi heringul stau unul lângă altul, iar omul e „exterior grupului".



2. Omul şi heringul stau unul lângă altul, iar calmarul e exterior grupului.



3. Calmarul şi omul stau unul lângă altul, iar heringul e exterior grupului.



Cladiştii vor cerceta pe rând fiecare dintre cei trei arbori posibili şi îl vor alege pe cel mai bun. Cum e recunoscut cel mai bun arbore? Simplu spus, el este acel arbore care uneşte animalele care au în comun cele mai multe trăsături. Numim „exterior grupului" animalul care are cele mai puţine trăsături în comun cu celelalte două. Din lista arborilor de mai sus, al doilea trebuie ales, deoarece heringul şi omul au în comun mult mai multe trăsături decât au calmarul şi heringul sau calmarul şi omul. Calmarul e exterior grupului pentru că nu are multe trăsături în comun nici cu omul, nici cu heringul.

În realitate, nu e vorba pur şi simplu de numărarea trăsăturilor comune, fiindcă anumite tipuri de trăsături sunt în mod intenţionat ignorate. Cladiştii vor să acorde o importanţă mai mare trăsăturilor care au evoluat recent. Trăsături străvechi pe care toate mamiferele le-au moştenit de la primul mamifer, de pildă, sunt inutile pentru clasificări în cadrul mamiferelor. Metodele pe care le folosesc ei pentru a stabili care trăsătură e veche sunt interesante, dar nu fac obiectul acestei cărţi. Important de reţinut este că, cel puţin în principiu, un cladist se gândeşte la toţi arborii bifurcaţi posibili care ar uni setul lui de animale şi încearcă să aleagă unicul arbore corect.

Iar pe un cladist pursânge nu-l interesează dacă arborii lui sau „cladogramele" sunt arbori genealogici, arbori ai înrudirii evolutive.

Dacă este împinsă până în pânzele albe, obsesia ramificaţiilor de una singură poate conduce la rezultate stranii. Teoretic e posibil ca o specie să fie *identică* în toate detaliile cu veri îndepărtaţi, dar să fie foarte diferită de veri apropiaţi. De pildă, să presupunem că două specii foarte asemănătoare de peşti, pe care le putem numi Iacov şi Esau, au trăit acum 300 de milioane de ani. Ambele specii au fondat dinastii de descendenţi care au rezistat până în zilele noastre. Descendenţii lui Esau au stagnat. Au continuat să trăiască în adâncurile mărilor, dar nu au evoluat. Rezultatul este că un descendent actual al lui Esau e în esenţă la fel ca Esau şi deci foarte asemănător cu Iacov. Descendenţii lui Iacov au evoluat şi au proliferat. În cele din urmă ei au dat naştere tuturor mamiferelor de astăzi. Însă una din filiaţiile descendenţilor lui Iacov a stagnat de asemenea în adâncurile mărilor şi are descendenţi în zilele noastre. Aceşti descendenţi actuali sunt peşti care seamănă atât de bine cu descendenţii actuali ai lui Esau, încât sunt foarte greu de deosebit.

Cum vom clasifica deci aceste animale? Taxonomistul evoluţionist tradiţional ar recunoaşte marea asemănare dintre descendenţii primitivi de apă adâncă ai lui Iacov şi ai lui Esau şi i-ar clasifica împreună. Cladistul riguros nu ar putea face acest lucru. Descendenţii de apă adâncă ai lui Iacov, chiar dacă seamănă cu descendenţii de apă adâncă ai lui Esau, sunt totuşi verii apropiaţi ai mamiferelor. Strămoşul lor comun cu mamiferele a trăit mai recent, chiar dacă doar cu puţin mai recent, decât strămoşul lor comun cu descendenţii lui Esau. Prin urmare, ei trebuie clasificaţi împreună cu mamiferele. Acest lucru s-ar putea să vi se pară ciudat, dar eu unul pot să-l tratez cu indiferenţă. Lucrurile sunt clare. Există argumente şi în favoarea cladismului, şi în favoarea taxonomiei evoluţioniste tradiţionale, iar pe mine nu prea mă interesează cum clasifică oamenii animalele atâta timp cât îmi spun limpede cum o fac.

Întorcându-ne la cealaltă mare şcoală de gândire, măsurătorii asemănărilor pure, ei se împart la rândul lor în două subşcoli.

Ambele sunt de acord să excludă evoluția din gândurile lor de zi cu zi în timp ce fac studii taxonomice. Însă nu cad de acord în privința felului în care își elaborează taxonomiile de zi cu zi. Unii poartă numele de „feneticiști" sau „taxonomiști numerici". Eu îi voi numi „măsurătorii distanței medii". Ceilalți se autointitulează „cladiști transformați". Nu e un nume prea bun – ei sunt orice, numai cladiști *nu*! Când Julian Huxley a inventat termenul de cladă, el l-a definit limpede și neambiguu în termenii ramificării și descendenței evolutive. O cladă e mulțimea tuturor organismelor care descind dintr-un anume strămoș. Din moment ce scopul principal al „cladiștilor transformați" este să evite tot ce ține de evoluție și descendență, e absurd să se autointituleze cladiști. Motivul pentru care o fac totuși e unul istoric: au început prin a fi cladiști veritabili și au păstrat unele dintre metodele cladiștilor, deși au abandonat principiile fundamentale și raționamentele lor. Presupun că nu am de ales și îi voi numi cladiști transformați, dar o fac împotriva voinței mele.

Măsurătorii distanței medii nu numai că refuză să folosească evoluția în taxonomiile lor (deși cu toții cred în evoluție). Ei nici măcar nu presupun că tiparul asemănărilor va fi neapărat o simplă ierarhie ramificată. Ei încearcă să folosească metode care să dezvăluie un tipar ierarhic dacă acesta există într-adevăr, dar nu și dacă acesta nu există. Ei încearcă să întrebe Natura dacă e cu adevărat organizată ierarhic. Nu-i deloc o sarcină ușoară și trebuie spus că nu prea există metode pentru atingerea acestui scop. Cred totuși că încercarea de a evita prejudecățile e lăudabilă. Metodele lor sunt foarte sofisticate și fac apel la o matematică avansată. Ele sunt la fel de potrivite pentru clasificarea obiectelor neînsuflețite, de pildă roci sau relicve arheologice, ca și pentru clasificarea organismelor vii.

De obicei ei încep prin a măsura tot ce se poate măsura la animalul studiat. Îți trebuie o oarecare perspicacitate pentru a interpreta aceste măsurători, dar nu voi insista. Măsurătorile sunt în cele din urmă combinate pentru a obține un indice de asemănări (sau, dimpotrivă, de deosebiri) între un animal și altul. Puteți să vă imaginați

animalele ca pe nişte nori de puncte în spaţiu. Şobolanii, şoarecii, hamsterii etc. se găsesc cu toţii într-o zonă a spaţiului. Departe, într-o altă zonă a spaţiului, se află un alt norişor format din lei, tigri, leoparzi, gheparzi etc. Distanţa dintre oricare două puncte din spaţiu e o măsură a gradului de asemănare între cele două animale, când numeroase atribute ale lor sunt combinate. Distanţa dintre leu şi tigru e mică. La fel şi distanţa dintre şobolan şi şoarece. Dar distanţa dintre şobolan şi tigru sau şoarece şi leu e mare. Combinarea atributelor se face de regulă cu ajutorul calculatorului. Spaţiul în care se află aceste animale seamănă la o privire superficială cu Ţara Biomorfelor, dar „distanţele" reflectă asemănările corporale, nu asemănările genetice.

După ce a fost calculat indicele asemănării (sau distanţei) medii dintre fiecare pereche de animale, calculatorul e programat să scaneze setul de distanţe/asemănări şi să încerce să le aşeze într-un tipar ierarhic pe grupuri. Din păcate, nu există un consens asupra metodei de calcul care trebuie folosită pentru a identifica grupurile. Nu există o metodă indubitabil corectă, iar metodele nu dau toate acelaşi răspuns. Mai mult, e posibil ca anumite metode să fie „predispuse" să „vadă" succesiuni ierarhice de grupuri acolo unde nu e cazul. Şcoala măsurătorilor de distanţe sau a „taxonomiştilor numerici" nu prea mai e la modă în ultima vreme. Cred că e o situaţie temporară, aşa cum se întâmplă deseori cu modele, şi că acest gen de „taxonomie numerică" nu va dispărea cu una, cu două. Mă aştept la o revenire.

Cealaltă şcoală de măsurători ai tiparelor pure e formată din cei ce se autointitulează cladişti transformaţi, din motivele istorice pe care le-am pomenit. Ei sunt principala sursă a „răutăţilor". Nu voi urma practica obişnuită de a căuta originile lor istorice în rândurile cladiştilor veritabili. Principiile lor de bază au mai multe în comun cu cealaltă şcoală de măsurători ai tiparelor pure, „feneticiştii" sau „taxonomiştii numerici", despre care tocmai am vorbit numindu-i măsurătorii distanţei medii. Ce leagă cele două grupuri este aversiunea faţă de introducerea evoluţiei în practica taxonomiei, dar asta nu implică *neapărat* ostilitatea faţă de ideea de evoluţie în sine.

Ce au în comun cladiştii transformaţi cu cladiştii veritabili sunt multe dintre metodele lor practice. Şi unii, şi alţii au în vedere de la bun început arbori care se bifurcă. Şi unii, şi alţii consideră anumite tipuri de caracteristici importante din punct de vedere taxonomic, iar alte tipuri de caracteristici, nesemnificative. Se deosebesc însă în privinţa motivelor pentru care fac aceste discriminări. La fel ca măsurătorii distanţei medii, cladiştii transformaţi nu caută să descopere arbori genealogici. Ei caută arbori ai asemănării pure. Sunt de acord cu măsurătorii distanţei medii să lase în suspensie întrebarea dacă tiparul asemănărilor reflectă sau nu istoria evolutivă. Dar, spre deosebire de măsurătorii distanţei, care cel puţin în teorie lasă Natura să le spună dacă e într-adevăr organizată ierarhic, cladiştii transformaţi *presupun* că este. Pentru ei, faptul că lucrurile trebuie clasificate în ierarhii ramificate e o axiomă, o credinţă nezdruncinată. Din moment ce arborele ramificat nu are nimic de-a face cu evoluţia, el nu trebuie neapărat aplicat fiinţelor vii. Metodele cladiştilor transformaţi pot fi folosite, după spusele lor, nu numai la clasificarea animalelor şi plantelor, dar şi la clasificarea rocilor, planetelor, cărţilor dintr-o bibliotecă şi vaselor din Epoca Bronzului. Cu alte cuvinte, ei n-ar fi de acord cu ideea pe care am vrut s-o pun în evidenţă prin comparaţia cu bibliloteca: evoluţia e singura bază solidă pentru o clasificare ierarhică unică.

Măsurătorii distanţei medii, după cum am văzut, măsoară cât de departe se află animalele între ele, unde „departe" înseamnă „nu se aseamănă", iar „aproape" înseamnă „se aseamănă". Abia după calcularea unui indice mediu al asemănării ei încearcă să-şi interpreteze rezultatele în termeni de ramificare, ierarhie de grup în interiorul unui grup sau diagramă „arbore". Însă cladiştii transformaţi, ca veritabili cladişti ce au fost odinioară, adoptă de la bun început perspectiva ierarhică a ramificărilor. La fel ca veritabilii cladişti, ei încep, cel puţin în teorie, prin a desena toţi arborii bifurcaţi posibili, iar apoi îl aleg pe cel mai bun.

Dar la ce se referă ei atunci când iau în considerare fiecare „arbore" posibil şi ce înseamnă pentru ei cel mai bun? Cărei stări ipotetice a lumii îi corespunde fiecare arbore? Pentru un cladist

veritabil, urmaş al lui W. Hennig, răspunsul e foarte clar. Fiecare dintre cei 15 arbori posibili care unesc 4 animale reprezintă un posibil arbore genealogic. Dintre toţi cei 15 arbori imaginabili care unesc patru animale, unul şi numai unul trebuie să fie cel corect. Istoria strămoşilor animalelor chiar a avut loc pe această planetă. Există 15 istorii posibile, dacă presupunem că toate ramificaţiile sunt bifurcaţii. Paisprezece dintre aceste istorii posibile trebuie să fie greşite. Doar una poate fi cea corectă, doar una poate corespunde felului în care istoria a avut loc cu adevărat. Dintre toţi cei 135 135 de arbori genealogici posibili care să conducă la 8 animale, 135 134 trebuie să fie greşiţi. Doar unul reprezintă adevărul istoric. Poate că nu e aşa de uşor să afli cu certitudine *care anume* este cel corect, dar cladiştii veritabili pot cel puţin fi siguri că doar unul este cel corect.

Dar ce semnificaţie au cei 15 (sau 135 135 sau câţi or fi) arbori posibili, precum şi arborele corect în lumea neevoluţionistă a cladiştilor transformaţi? Răspunsul, aşa cum a arătat colegul şi fostul meu student Mark Ridley în cartea sa *Evoluţie şi clasificare*, e că nu au aproape nici o semnificaţie. Cladistul transformat refuză să ia în considerare noţiunea de *genealogie*. Pentru el, „strămoş" e un cuvânt obscen. Pe de altă parte însă, clasificarea lui trebuie să fie o ierarhie ramificată. Aşa încât, dacă cei 15 (sau 135 135) arbori ierarhici posibili nu sunt arbori genealogici, ce ar putea fi? Nu ne rămâne decât să luăm din filozofia antică ideea vagă după care lumea e organizată ierarhic sau ideea că tot ce există pe lumea asta are un „opus", mistica lui *ying* sau *yang*. Ceva mai concret de atât nu putem găsi. În lumea neevoluţionistă a cladiştilor transformaţi e fără îndoială imposibil să faci afirmaţii clare şi bine întemeiate, ca de pildă „doar unul dintre cei 945 de arbori care unesc 6 animale poate fi corect; toţi ceilalţi sunt greşiţi".

De ce „strămoş" e un cuvânt obscen pentru cladişti? Nu fiindcă (sper) ei ar crede că nu a existat niciodată vreun strămoş. Mai degrabă fiindcă au hotărât că strămoşii n-au ce căuta în taxonomie. E o poziţie justificabilă dacă ne mărginim la *practica* de zi cu zi a taxonomiei. De fapt, nici un cladist nu desenează strămoşi în

arborii genealogici, deşi taxonomiştii evoluţionişti tradiţionali o fac uneori. Cladiştii tratează toate relaţiile dintre animalele reale, observate ca relaţii de înrudire formale. E perfect rezonabil. Ce nu mai e rezonabil este să faci din asta un tabu împotriva *noţiunii* înseşi de strămoş, împotriva apelului la genealogie ca justificare fundamentală pentru adoptarea arborelui ramificat ierarhic ca bază a taxonomiei.

Am lăsat la urmă cea mai stranie trăsătură a cladiştilor transformaţi. Nemulţumiţi de ideea perfect rezonabilă de a elimina presupunerile evolutive şi genealogice din *practica* taxonomiei, idee pe care o împart cu „măsurătorii distanţei", unii cladişti transformaţi au mers mai departe, afirmând că trebuie să fie ceva în neregulă cu evoluţia însăşi! Afirmaţia pare neverosimilă, dar unii dintre cei mai celebri „cladişti transformaţi" îşi manifestă ostilitatea faţă de însăşi ideea de evoluţie, mai ales faţă de teoria darwinistă a evoluţiei. Doi dintre ei, G. Nelson şi N. Platnick, de la Muzeul American de Istorie Naturală din New York, au ajuns să scrie că „darwinismul [...] este, pe scurt, o teorie care a fost supusă testului şi s-a dovedit a fi falsă". Aş vrea şi eu să ştiu care e acest „test" şi prin ce teorie alternativă ar explica Nelson şi Platnick fenomenele pe care le explică darwinismul, în special complexitatea adaptativă.

Nu e vorba că toţi cladiştii transformaţi sunt creaţionişti fundamentalişti. Eu cred că le place să exagereze importanţa taxonomiei în biologie. Ei au hotărât, probabil pe drept cuvânt, că pot face mai bine taxonomie dacă uită de evoluţie, mai ales dacă nu folosesc niciodată noţiunea de strămoş în gândirea taxonomică. La fel, un cercetător care studiază, de pildă, celula nervoasă ar putea hotărî că nu-l ajută cu nimic să se gândească la evoluţie. El e conştient că celulele nervoase sunt rezultatul evoluţiei, însă nu are nevoie de aceasta în cercetările sale. Trebuie să cunoască bine fizica şi chimia, dar crede că darwinismul e irelevant pentru cercetările lui de zi cu zi asupra impulsurilor nervoase. Nu e un punct de vedere absurd. Dar faptul că nu ai nevoie să foloseşti o anume teorie în practica de zi cu zi din domeniul tău ştiinţific nu te îndreptăţeşte

să spui că acea teorie e *falsă*. Nu ajungi s-o spui decât dacă dai o importanţă nemăsurată domeniului tău ştiinţific.

Dar şi în acest caz e absurd. E clar că un fizician nu are nevoie de darwinism pentru a face fizică. Ar putea considera că biologia e banală în comparaţie cu fizica, ceea ce l-ar face să considere că darwinismul nu are o mare importanţă ştiinţifică. Însă de aici n-ar putea trage concluzia că e fals! Şi totuşi, în esenţă asta par să facă unele dintre figurile de marcă ale şcolii cladiştilor transformaţi. „Fals" este exact cuvântul folosit de Nelson şi Platnick. Inutil să spun că vorbele lor au fost culese de microfoanele sensibile pe care le-am pomenit în capitolul precedent, iar rezultatul a fost o publicitate zgomotoasă. Şi-au câştigat un loc de cinste în literatura creaţionistă fundamentalistă. De curând, când un reprezentant de frunte al cladiştilor transformaţi a venit să ţină o conferinţă la universitatea mea, s-au adunat mai mulţi oameni decât la toate conferinţele din acel an! Nu-i greu să înţelegi de ce.

Nu încape îndoială că toate remarcile de genul „darwinismul [...] este o teorie care a fost supusă testului şi s-a dovedit a fi falsă", venind din partea unor biologi reputaţi care lucrează la un muzeu naţional respectabil, sunt mană cerească pentru creaţionişti şi alţi oameni interesaţi nemijlocit de perpetuarea afirmaţiilor false. Acesta e singurul motiv pentru care am vorbit despre cladiştii transformaţi. Folosind termeni mai temperaţi, într-o recenzie la cartea în care Nelson şi Platnick afirmă că darwinismul e fals, Mark Ridley spunea: „Cui i-ar trece prin minte să tot ce vor ei de fapt să spună este că speciile ancestrale sunt greu de reprezentat în clasificarea cladistă?" Evident că e greu de stabilit identitatea exactă a strămoşilor şi există motive întemeiate pentru a nici nu încerca. Dar să faci afirmaţii care îi încurajează pe alţii să tragă concluzia că n-au existat niciodată strămoşi înseamnă să perverteşti limba şi să trădezi adevărul.

Mai bine mă duc să sap în grădină.

CAPITOLUL 11

Rivalii sortiți pieirii

Nici un biolog serios nu se îndoieşte de faptul că evoluţia a avut loc şi că toate fiinţele vii se înrudesc într-un fel sau altul. Totuşi, unii biologi s-au îndoit de *felul* în care teoria lui Darwin susţine că evoluţia a avut loc. Uneori se dovedeşte că la mijloc e doar o problemă de terminologie. Teoria evoluţiei discontinue, de pildă, poate trece drept antidarwinistă. După cum am arătat în capitolul 9, e doar o variantă minoră a darwinismului şi nu îşi are locul într-un capitol despre teoriile rivale. Există însă alte teorii care în mod cert *nu* sunt variante ale darwinismului, teorii care se opun categoric esenţei darwinismului. Aceste teorii rivale sunt subiectul capitolului de faţă. Printre ele se numără diferite versiuni ale aşa-numitului lamarckism, precum şi alte perspective cum ar fi „neutralismul", „mutaţionismul" şi creaţionismul care, din când în când, sunt oferite ca alternative la selecţia darwinistă.

Cea mai bună cale de a alege între teoriile rivale e să cercetăm dovezile. De pildă, teoriile de tip lamarckist au fost respinse – pe drept cuvânt – pentru că nu s-au găsit niciodată dovezi convingătoare în sprijinul lor (şi nu pentru că nu s-ar fi încercat din răsputeri, uneori chiar prin dovezi falsificate de partizani fanatici). În acest capitol voi urma însă o altă cale, în mare măsură fiindcă există deja o mulţime de cărţi în care au fost examinate dovezile, iar disputa a fost tranşată în favoarea darwinismului. În loc să examinez dovezile pro şi contra teoriilor rivale, voi privi lucrurile dintr-o perspectivă mai curând abstractă. Voi încerca să demonstrez că darwinismul e singura teorie cunoscută care *poate* în principiu să explice anumite aspecte ale vieţii. Dacă voi reuşi, înseamnă că, admiţând chiar şi că nu ar exista nici o dovadă în favoarea darwi-

nismului (deși evident că există), tot am fi îndreptățiți să-l preferăm în detrimentul oricărei alte teorii rivale.

Această idee poate fi ilustrată făcând o predicție. Dacă o formă de viață ar fi descoperită undeva în univers, oricât de fabuloasă și de stranie ar fi în detaliile ei, eu susțin că se va descoperi că seamănă cu viața de pe Pământ într-o privință esențială: va fi evoluat printr-un fel de selecție naturală darwinistă. Din păcate, după toate probabilitățile, nu vom putea testa această predicție în cursul vieții noastre, dar rămâne o cale de a ilustra un adevăr important privind viața de pe planeta noastră. Teoria darwinistă poate în principiu explica viața. Nici o altă teorie care a fost propusă vreodată nu poate în principiu explica viața. Voi demonstra acest lucru analizând toate teoriile rivale cunoscute, nu dovezile pro sau contra lor, ci capacitatea lor de a explica viața.

Întâi de toate trebuie precizat ce înseamnă „a explica" viața. Există fără îndoială o mulțime de proprietăți ale ființelor vii, iar unele dintre ele ar putea fi explicate de teoriile rivale. După cum am văzut, multe aspecte legate de distribuția moleculelor de proteine se pot datora mutațiilor genetice neutre, și nu selecției darwiniste. Există însă o anume proprietate a ființelor vii care poate fi explicată *doar* prin selecția darwinistă. Această proprietate e laitmotivul cărții de față: complexitatea adaptativă. Organismele vii sunt echipate pentru a supraviețui și a se reproduce în mediul lor prin mijloace prea numeroase și statistic improbabile pentru a fi apărut dintr-o singură lovitură. Urmându-l pe Paley, am dat exemplul ochiului. Două sau trei caracteristici ale unui ochi bine „proiectat" ar fi putut eventual să apară printr-un accident norocos. Dar însuși numărul mare al componentelor interconectate, toate perfect adaptate vederii și perfect adaptate între ele, pretinde un alt tip de explicație decât norocul pur. Evident, și explicația darwinistă presupune aleatorul, sub forma mutației. Dar aleatorul este filtrat cumulativ prin selecție, pas cu pas, în cursul a numeroase generații. Am arătat în alte capitole că această teorie poate oferi o explicație credibilă pentru complexitatea adaptativă. În acest capitol voi demonstra că nici una dintre celelalte teorii cunoscute *nu* o poate face.

Să începem cu cel mai important rival istoric al darwinismului, lamarckismul. La începutul secolului al XIX-lea, când a fost propus, lamarckismul nu a fost un rival al darwinismului, pentru că darwinismul nu apăruse încă. Cavalerul de Lamarck o luase înaintea timpurilor sale. Era unul dintre intelectualii secolului al XVIII-lea care pledau în favoarea evoluției. A avut dreptate în această privință și merită, alături de Erasmus, precursorul lui Charles Darwin, și de alții, respectul nostru. Lamarck ne-a oferit de asemenea cea mai bună teorie asupra mecanismului evoluției care putea fi concepută la acea vreme, dar nu avem nici un motiv să presupunem că, dacă teoria darwinistă ar fi existat pe atunci, el ar fi respins-o. Numai că teoria darwinistă nu exista, iar ghinionul lui Lamarck a fost că, cel puțin în lumea anglo-saxonă, numele lui a devenit sinonim cu o eroare – teoria sa privind *mecanismul* evoluției – în loc să fie asociat cu ideea lui corectă că evoluția *a avut loc*. Aceasta nu e o carte de istorie și n-am să mă lansez aici într-o analiză detaliată a afirmațiilor pe care Lamarck însuși le-a făcut. Exista o doză de misticism în cuvintele lui Lamarck – de pildă, privea progresul ca pe o scară a vieții, ceea ce se întâmplă chiar și în ziua de azi cu unii oameni, și vorbea despre animalele care se străduiesc, ca și cum ar fi *vrut* în mod conștient să evolueze. Voi extrage din lamarckism acele elemente nemistice care, cel puțin la prima vedere, par să ofere o alternativă reală la darwinism. Aceste elemente, singurele preluate de „neolamarckiștii" moderni, sunt în esență două: moștenirea caracteristicilor dobândite și principiul utilizării și neutilizării.

Principiul utilizării și neutilizării afirmă că acele părți din corpul unui organism care sunt folosite devin mai mari, iar acele părți care nu sunt folosite tind să se atrofieze. E un fapt ușor de observat că atunci când îți exersezi anumiți mușchi ei cresc, iar mușchii care nu sunt folosiți niciodată se atrofiază. Dacă examinăm corpul unui om putem spune care mușchi sunt folosiți și care nu. Putem chiar ghici ce meserie are și cum se relaxează. Culturiștii apelează la principiul utilizării și neutilizării pentru a-și „construi" trupurile, aproape ca pe o sculptură, dându-le forma impusă de moda în

vigoare. Mușchii nu sunt singura parte a corpului care răspunde în acest fel utilizării. Dacă mergi desculț, pielea tălpilor ți se întărește. E ușor să deosebești un fermier de un funcționar doar uitându-te la mâinile lor. Mâinile fermierului sunt bătătorite, înăsprite de munca grea. Dacă pe mâna funcționarului există vreo bătătură, ea e la degetul mijlociu și se datorează scrisului.

Principiul utilizării și neutilizării le-a făcut pe animale mai apte să supraviețuiască în lumea lor, din ce în ce mai apte în cursul vieții lor, ca urmare a faptului că trăiesc în acea lume. Expunerea directă la lumina soarelui, sau absența ei, i-a făcut pe oameni să aibă o culoare a pielii care îi ajută să supraviețuiască mai bine în condițiile date. O expunere prea mare la razele solare e periculoasă. Entuziaștii băilor de soare care au pielea foarte deschisă la culoare riscă să se îmbolnăvească de cancer de piele. Pe de altă parte, nivelul scăzut al luminii soarelui conduce la o deficiență în vitamina D și la rahitism, ceea ce li se întâmplă uneori copiilor ereditar negri care trăiesc în Scandinavia. Melanina, cea care dă pigmentul brun și e sintetizată sub influența luminii soarelui, acționează ca un ecran de protecție împotriva efectelor nocive ale expunerii la soare pentru țesuturile de sub ea. Dacă un om bronzat se mută într-o zonă mai puțin însorită, melanina dispare, iar corpul poate beneficia de puțina lumină disponibilă. Putem găsi aici o ilustrare a principiului utilizării și neutilizării: pielea devine brună când e „folosită" și pălește când nu e „folosită". Evident, anumite rase tropicale moștenesc un ecran gros de melanină, indiferent dacă indivizii care le alcătuiesc sunt sau nu expuși la soare.

Să ne întoarcem la celălalt principiu lamarckist, ideea că asemenea caracteristici dobândite sunt moștenite de generațiile următoare. Toate dovezile arată că ideea e pur și simplu falsă, dar multă vreme s-a crezut că e adevărată. Lamarck nu a inventat-o, ci doar a preluat-o din înțelepciunea populară a timpului său. Unii oameni mai cred și azi în ea. Mama mea avea un câine care șchiopăta din când în când, ținând în sus un picior din spate și mergând pe celelalte trei. O vecină avea un câine mai bătrân care fusese călcat de o mașină și își pierduse un picior din spate. Era convinsă că

tatăl câinelui nostru trebuie să fie câinele ei, dovada fiind că îi moştenise şchiopătatul. Înţelepciunea populară şi basmele sunt pline de legende asemănătoare. Mulţi oameni fie cred, fie vor să creadă în moştenirea caracteristicilor dobândite. Până în secolul XX, era teoria dominantă a eredităţii şi printre biologii serioşi. Darwin însuşi credea în ea, dar nu a inclus-o în teoria sa asupra evoluţiei, aşa încât în mintea noastră numele lui nu e asociat cu ea.

Dacă pui laolaltă moştenirea caracteristicilor dobândite şi principiul utilizării şi neutilizării, ai ceea ce pare a fi o bună reţetă pentru îmbunătăţirea evolutivă. Această reţetă e cunoscută îndeobşte sub numele de teoria lamarckistă a evoluţiei. Dacă generaţii de-a rândul îşi înăspresc pielea mergând desculţe pe pământul tare, fiecare generaţie, susţine teoria, va avea o piele ceva mai aspră decât generaţia precedentă. Fiecare generaţie obţine un avantaj în raport cu cea precedentă. În cele din urmă, se vor naşte copii cu pielea picioarelor deja înăsprită (lucru care se şi întâmplă de fapt, dar din alt motiv, după cum vom vedea). Dacă generaţii de-a rândul stau sub soarele tropical, pielea va avea o culoare tot mai închisă, pentru că, spune teoria lui Lamarck, fiecare generaţie va moşteni ceva din bronzul generaţiei precedente. Cu timpul, se vor naşte negri (lucru care, iarăşi, se întâmplă în realitate, dar nu din motivele lamarckiste).

Exemple tipice sunt braţele fierarului şi gâtul girafei. În satele unde fierarul moştenea meseria de la tatăl, bunicul şi străbunicul său, se credea că ar trebui să moştenească şi muşchii bine antrenaţi ai strămoşilor. Şi nu doar să-i moştenească, ci să-i şi sporească prin exerciţiu şi să transmită aceste îmbunătăţiri fiului său. Girafele primitive cu gâturi scurte aveau nevoie disperată să ajungă la frunzele din vârful copacilor. Şi-au întins gâturile în sus cu îndârjire, întinzând astfel muşchii gâtului şi oasele. Fiecare generaţie a sfârşit prin a avea gâtul ceva mai lung decât al celei precedente şi a transmis acest avantaj din start generaţiei următoare. Orice progres evolutiv, conform teoriei lui Lamarck, se supune acestui tipar. Animalul se străduie din răsputeri să obţină lucrul de care are nevoie. Ca urmare, părţile corpului folosite în acest efort cresc sau se

modifică într-o direcție corespunzoare. Schimbarea e moștenită de generația următoare, iar astfel pcesul continuă. Această teorie are avantajul că e cumulativă – ingdient esențial, din perspectiva noastră, pentru ca o teorie a evoluiei să-și îndeplinească rolul.

Teoria lui Lamarck pare extremle atrăgătoare pentru un anumit gen de intelectuali, dar și pentru omenii de rând. Am fost odată abordat de un coleg, un celebru toric marxist și un om foarte cultivat. El înțelegea, mi-a spus, că pate faptele par să fie împotriva teoriei lui Lamarck, dar nu existăchiar nici o speranță ca ea să fie adevărată? I-am spus că, după părerea mea, nu era nici o speranță, iar el a primit răspunsul mu cu adânc regret, mărturisindu-mi că din motive ideologice îș dorise ca lamarckismul să fie adevărat. Lamarkismul părea să le ofere speranțe reale pentru progresul omenirii. George Bernrd Shaw a dedicat una dintre prefețele sale enorme (la *Înapoila Matusalem*) unei pledoarii înflăcărate în favoarea moșteniii caracteristicilor dobândite. Argumentele sale nu se bazau pe cunoștințe biologice, pe care mărturisea deschis că nu le are Se bazau doar pe dezgustul provocat de consecințele darwinisnului, acel „lanț de accidente":

> Pare simplu, pentru că la început nu îți dai seama de toate consecințele lui. Dar, când înțelegi întreaga lui semnificație, inima ți se îngroapă sub nisip înlăuntrul tău. El presupune un fatalism hidos, o degradare înspăimântătoare și oribilă a frumuseții și inteligenței, a puterii și rostului, a onoarei și aspirației.

Arthur Koestler a fost un alt distins scriitor care nu putea suporta ceea ce considera că sunt consecințele darwinismului. După cum spunea cu sarcasm, dar pe bună dreptate, Stephen Gould, în ultimele sale șase cărți Koestler a dus „o campanie împotriva propriei sale neînțelegeri a darwinismului". A găsit refugiu într-o alternativă pe care n-am înțeles-o niciodată prea bine, dar care poate fi interpretată ca o versiune obscură a lamarckismului.

Koestler și Shaw erau individualiști și gândeau pentru ei înșiși. Opiniile lor excentrice privind evoluția nu au avut cine știe ce influență, deși țin minte că în adolescență, spre rușinea mea, înțelegerea lui Darwin a fost blocată vreme de mai bine de un an de

retorica fascinantă din *Înapoi la Matusalem*. Reacția afectivă favorabilă lamarckismului, însoțită de ostilitatea față de darwinism, a avut uneori un impact sinistru prin puternicele ideologii folosite ca substitut al gândirii. T.D. Lîsenko a fost un agronom de mâna a doua care nu s-a distins în alt domeniu decât politica. Fanatismul său antimendelian și credința sa dogmatică în moștenirea caracteristicilor dobândite ar fi fost ignorate și n-ar fi provocat dezastre în majoritatea țărilor civilizate. Din nenorocire, s-a întâmplat să trăiască într-o țară unde ideologia era mai presus de adevărul științific. În 1940 a fost numit director al Institutului de Genetică al Uniunii Sovietice și a căpătat puteri nemăsurate. Opiniile sale ignorante asupra geneticii au devenit singurele care puteau fi predate în școlile din Uniunea Sovietică, timp de o generație. Agricultura sovietică a suferit pagube incalculabile. Mulți distinși geneticieni sovietici au fost concediați, deportați sau închiși. N.I. Vavilov, de pildă, un genetician de faimă internațională, a murit de foame într-o celulă de închisoare fără ferestre, după un lung proces în care i s-au născocit acuzații ridicole, cum ar fi „spionajul în favoarea britanicilor".

E imposibil de demonstrat că însușirile dobândite nu sunt niciodată moștenite. Din același motiv pentru care nu putem demonstra că zânele nu există. Tot ce putem spune este că nici o relatare privind întâlniri cu zâne nu a fost vreodată confirmată, iar pretinsele fotografii cu ele sunt falsuri evidente. Același lucru e valabil și pentru pretinsele urme de picioare umane în straturile dinozaurilor din Texas. Toate afirmațiile mele categorice privind inexistența zânelor pot fi dezmințite dacă într-o bună zi am să văd o ființă micuță cu aripi delicate în fundul grădinii mele. Statutul teoriei conform căreia caracteristicile dobândite se moștenesc e asemănător. Aproape toate încercările de a demonstra acest efect au eșuat. Dintre încercările care par să fi reușit, unele s-au dovedit a fi trucate, cum e cazul bine cunoscut al broaștei râioase injectate cu cerneală, citat de Arthur Koestler. Celelalte n-au putut fi reproduse în experimente ulterioare. Totuși, la fel cum un om treaz având la îndemână un aparat de fotografiat ar putea vedea într-o bună

zi în fundul grădinii o zână, cineva ar putea demonstra într-o bună zi că însușirile dobândite se pot moșteni.

Ar mai fi însă ceva de spus. Unele lucruri pe care nu le-am văzut până acum sunt totuși plauzibile în măsura în care nu pun sub semnul întrebării toate celelalte cunoștințe. Nu am găsit dovezi convingătoare că ar exista pleziozauri în Loch Ness, dar perspectiva mea asupra lumii nu ar fi zdruncinată dacă s-ar găsi. Aș fi probabil surprins (și încântat), fiindcă nu se cunosc fosile de pleziozaur din ultimele 60 de milioane de ani, iar acest interval de timp pare foarte lung pentru ca o mică populație-relicvă să supraviețuiască. Dar nici un principiu științific important nu e pus sub semnul întrebării. E un simplu fapt. Pe de altă parte, știința a ajuns la o bună înțelegere a universului, o înțelegere care cuprinde o gamă imensă de fenomene, iar anumite afirmații ar fi incompatibile, sau cel puțin foarte greu de împăcat, cu această înțelegere. Acest lucru e valabil de pildă pentru afirmația, făcută uneori pe false temeiuri biblice, că universul a fost creat cu numai 6 000 de ani în urmă. Nu e doar o teorie neconfirmată, ea e incompatibilă cu tot ce știm din biologie și geologie, precum și cu teoria fizică a radioactivității și cu cosmologia (corpurile cerești aflate la distanțe mai mari de 6 000 de ani-lumină n-ar fi vizibile dacă nu ar exista nimic mai vechi de 6 000 de ani; Calea Lactee n-ar fi observabilă, la fel și alte 100 000 de milioane de galaxii a căror existență e recunoscută de cosmologia modernă).

Au existat momente în istoria științei când toate cunoștințele convenționale au fost pe drept cuvânt abandonate din cauza unui singur fapt inexplicabil. Ar fi o dovadă de aroganță să afirmi că asemenea momente nu se vor mai repeta. E nevoie însă de o confirmare mai serioasă pentru a accepta un fapt care răstoarnă întregul edificiu al științei decât pentru a accepta un fapt care, chiar dacă e surprinzător, poate fi explicat de știința în vigoare. Aș accepta că există un pleziozaur în Loch Ness dacă l-aș vedea cu ochii mei. Dacă însă aș vedea un om plutind în aer, înainte de a respinge toate legile fizicii, aș bănui mai degrabă că sunt victima unei halucinații sau a unei înșelătorii. Există un spectru continuu, de la teorii care

probabil că nu sunt adevărate, dar ar putea foarte bine să fie, la teorii care ar putea să fie adevărate doar cu preţul răsturnării marilor edificii ale unei ştiinţe încununate de succes.

Unde se află lamarckismul în acest spectru continuu? De regulă e prezentat ca şi cum s-ar afla aproape de extremitatea „nu e adevărat, dar ar putea foarte bine să fie". Vreau să demonstrez că, deşi nu face parte din aceeaşi categorie cu levitaţia prin puterea rugăciunii, lamarckismul, sau mai exact moştenirea caracteristicilor dobândite, e mai aproape de capătul „levitaţie" al spectrului decât de capătul „monstrul dintre Loch Ness". Moştenirea caracteristicilor dobândite nu e unul dintre acele lucruri care s-ar putea foarte bine să fie adevărate, dar probabil că nu e. Voi demonstra că ar putea fi adevărat doar dacă unul dintre principiile cele mai importante şi mai bine fundamentate ale embriologiei e încălcat. În consecinţă, lamarckismul ar trebui privit cu un scepticism mai mare decât cel cu care privim „monstrul din Loch Ness". Care e deci principiul embriologic larg acceptat şi încununat de succes care ar trebui răsturnat înainte de a accepta lamarckismul? Trebuie să dau o scurtă explicaţie, care va părea o digresiune, dar în cele din urmă se va dovedi relevantă. Reţineţi că nu am început încă demonstraţia faptului că lamarckismul, chiar presupunând că *ar fi* adevărat, nu ar putea explica evoluţia complexităţii adaptative.

Domeniul pe care îl avem în vedere este aşadar embriologia. În mod tradiţional au existat două perspective radical diferite privind modul în care o singură celulă se transformă într-o fiinţă adultă. Cele două perspective poartă numele de preformaţionism şi epigeneză, dar eu voi folosi aici denumirile moderne: teoria planului şi teoria reţetei. Primii preformaţionişti credeau că un corp adult e *preformat* în celula din care urmează să se dezvolte. Unul dintre ei şi-a închipuit că ar putea vedea la microscop un om în miniatură – un „homunculus" – ghemuit în interiorul unui spermatozoid (nu ovul!). Pentru el, dezvoltarea embrionară era pur şi simplu un proces de creştere. Toate părţile corpului adult erau deja acolo, preformate. Probabil că fiecare homunculus mascul avea propriii lui spermatozoizi ultraminiaturali în care stăteau ghemuiţi

copiii lui, iar fiecare dintre ei îi conținea pe nepoții lui ghemuiți... Dincolo de problema acestei regresii infinite, preformaționismul naiv neglijează faptul, la fel de vizibil în secolul al XVII-lea ca și acum, că progeniturile moștenesc nu numai atributele tatălui, dar și pe cele ale mamei. Existau însă și alți preformaționiști numiți „oviști", mai numeroși decât „spermiștii", care credeau că adultul era preformat în ovul, nu în spermatozoid. Dar „ovismul" se confruntă cu aceleași două dificultăți ca „spermismul".

Preformaționismul modern nu se confruntă cu aceste două dificultăți, și totuși e fals. Preformaționismul modern – teoria planului – susține că ADN-ul dintr-un ovul fecundat e echivalentul unui plan al corpului adult. Un plan e o imagine la scară redusă a unui lucru real. Lucrul real – casă, mașină etc. – e un obiect tridimensional, în timp ce planul e bidimensional. Poți reprezenta un obiect tridimensional, de pildă o clădire, printr-o serie de secțiuni bidimensionale: câte o schiță a fiecărui etaj, diferite elevații etc. Această reducere a dimensiunilor ține de comoditate. Arhitecții le-ar putea oferi constructorilor machete tridimensionale ale clădirilor, dar un set de modele bidimensionale pe hârtie – planuri – sunt mult mai ușor de transportat într-o servietă, de corectat și de folosit.

O nouă reducere la *o singură* dimensiune e necesară dacă planurile trebuie codificate de un calculator și transmise printr-o linie telefonică în alt oraș. Acest lucru se poate face prin codificarea fiecărui plan bidimensional într-un șir unidimensional (scanare). Imaginile de televiziune sunt codificate în felul acesta și sunt transmise pe calea undelor. Compresia dimensională e în esență, și în acest caz, un procedeu simplu de codificare. Important e faptul că există în continuare o corespondență biunivocă între plan și clădire. Fiecărui fragment din plan îi corespunde un fragment din clădire. Într-un anume sens, planul e o clădire „preformată" miniaturală, dar miniatura poate fi recodificată în mai puține dimensiuni decât are clădirea.

Desigur, am vorbit despre reducerea planurilor la o singură dimensiune pentru că ADN-ul e un cod unidimensional. La fel cum

teoretic se poate transmite macheta unei clădiri printr-o linie telefonică unidimensională – un set digitalizat de planuri –, teoretic se poate transmite un corp la scară redusă prin codul digital unidimensional ADN. Acest lucru nu se întâmplă, dar, dacă s-ar fi întâmplat, am fi putut spune pe drept cuvânt că biologia moleculară modernă a reabilitat vechea teorie preformaționistă. Să analizăm acum cealaltă mare teorie a embriologiei, epigeneza, teoria rețetei sau a „cărții de bucate".

O rețetă din cartea de bucate nu e în nici un caz un plan al prăjiturii care va ieși în cele din urmă din cuptor, iar asta nu pentru că rețeta e un șir unidimensional de cuvinte, în timp ce prăjitura e un obiect tridimensional. După cum am văzut, printr-un procedeu de scanare e perfect posibil să redai o machetă într-un cod unidimensional. Dar o rețetă nu e o machetă, nici o descriere a unei prăjituri gata preparate și nici vreo reprezentare punct cu punct. Ea este un set de *instrucțiuni* care, dacă sunt îndeplinite în ordinea corectă, vor avea ca rezultat o prăjitură. Un veritabil plan codificat unidimensional al prăjiturii constă dintr-o serie de scanări ale prăjiturii, ca și cum o țepușă ar trece în mod repetat prin ea, într-o ordine bine stabilită, dintr-o parte în alta și de sus în jos. La intervale infime, imediata vecinătate a vârfului țepușei ar fi înregistrată și codificată; de pildă, coordonatele exacte ale fiecărei stafide și ale fiecărei fărâme de aluat ar putea fi regăsite în seria de date. Ar exista o corespondență strictă, biunivocă între fiecare mic fragment de prăjitură și fiecare mic fragment din plan. Evident, e cu totul altceva decât o rețetă. Nu există o asemenea corespondență biunivocă între „fărâmele" de prăjitură și cuvintele sau literele din rețetă. Cuvintele din rețetă nu corespund câte unei fărâme din prăjitura gata preparată, ci câte unui pas din procedeul de preparare.

Noi nu înțelegem în întregime felul în care animalele se dezvoltă din ovulul fecundat. Totuși, există indicii foarte convingătoare că genele seamănă mai curând cu o rețetă decât cu un plan. Analogia cu rețeta e într-adevăr una potrivită, în timp ce analogia cu planul, deși deseori folosită în manualele școlare, mai ales în cele recente, e greșită în aproape toate privințele. Dezvoltarea embrionară e un

proces. E un șir ordonat de evenimente, la fel ca procedeul de preparare a unei prăjituri, cu deosebirea că există milioane de pași, iar diferiți pași se desfășoară simultan în diferite părți ale „preparatului". Majoritatea pașilor implică multiplicarea celulară, generând un număr colosal de celule, dintre care unele mor, iar altele se unesc între ele pentru a forma organe, țesuturi și alte structuri multicelulare. După cum am văzut într-un capitol anterior, modul în care se comportă o celulă *anume* nu depinde de genele pe care le conține – fiindcă toate celulele dintr-un corp conțin același set de gene –, ci de subsetul de gene care e activat în acea celulă. În orice parte a unui corp și la orice moment din cursul dezvoltării, doar o mică parte din gene sunt activate. Condițiile chimice din celulă sunt cele care determină ce gene sunt activate la un moment dat. Acestea depind, la rândul lor, de condițiile din trecut în acea parte a embrionului.

Mai mult, efectul pe care o genă îl are când e activată depinde de ce anume se găsește în acea parte a embrionului asupra căreia acționează. Efectul unei gene activate în celulele de la baza coloanei vertebrale în a treia săptămână de dezvoltare va fi cu totul altul decât efectul aceleiași gene activate în celulele umărului în a șaisprezecea săptămână de dezvoltare. Prin urmare, efectul pe care o genă îl are, dacă există vreunul, *nu* e o simplă proprietate a genei înseși, ci o proprietate a genei în interacțiune cu istoria recentă a mediului ei local din embrion. Aceasta intră în contradicție cu ideea că genele sunt ceva în genul unui plan pentru corp. Vă amintesc că același lucru era valabil și în cazul biomorfelor din calculator.

Nu există așadar o corespondență biunivocă între gene și porțiuni din corp, la fel cum nu există nici între cuvintele rețetei și fărâmele de prăjitură. Genele, luate împreună, pot fi privite ca un set de instrucțiuni pentru realizarea unui proces, la fel cum cuvintele dintr-o rețetă, luate împreună, sunt un set de instrucțiuni pentru realizarea unui proces. Cititorii s-ar putea întreba cu se ocupă de fapt geneticienii. Cum e posibil să vorbești despre o genă „pentru" ochi albaștri sau o genă „pentru" daltonism? Faptul că geneticienii studiază asemenea efecte ale unei singure gene nu sugerează oare

că există într-adevăr un fel de corespondență biunivocă o-genă/o-parte-din-corp? Nu dezminte acest lucru tot ce am spus despre setul de gene ca rețetă pentru dezvoltarea corpului? Ei bine nu, și e important să înțelegem de ce.

Poate că cea mai bună cale de a înțelege e să ne întoarcem la analogia cu rețeta. E limpede că nu poți să împarți o prăjitură în firimiturile care o alcătuiesc și să spui: „Această firimitură corespunde primului cuvânt din rețetă, aceasta corespunde celui de-al doilea cuvânt din rețetă" etc. Prin urmare, întreaga rețetă se află în corespondență cu întreaga prăjitură. Dar să presupunem acum că schimbăm un cuvânt din rețetă, de pildă, să presupunem că „praf de copt" va fi înlocuit cu „drojdie". Coacem 100 de prăjituri după noua rețetă și 100 după vechea rețetă. E o diferență esențială între cele două serii de prăjituri, iar această *diferență* se datorează diferenței de un cuvânt între rețete. Deși nu există o corespondență biunivocă între cuvânt și firimitura de prăjitură, *există* o corespondență biunivocă între *diferența* la nivelul cuvântului și *diferența* la nivelul prăjiturii întregi. „Praful de copt" nu corespunde unei părți anume din prăjitură: el influențează „creșterea", deci forma finală a întregii prăjituri. Dacă „praful de copt" e șters sau înlocuit cu „făină", prăjitura nu va crește. Dacă e înlocuit cu „drojdie", prăjitura va crește, dar va semăna la gust cu pâinea. Va exista o diferență evidentă și ușor de identificat între prăjiturile coapte după varianta inițială a rețetei și cele coapte după variantele „mutante" ale rețetei, chiar dacă nu există nici o „fărâmă" din nici o prăjitură care să corespundă cuvântului în discuție. Aceasta e o bună analogie pentru ce se întâmplă când o genă suferă o mutație.

Din moment ce genele exercită efecte cantitative, iar mutațiile modifică amploarea cantitativă a acestor efecte, o analogie și mai bună ar fi modificarea temperaturii de coacere de la „150 de grade" la „200 de grade". Prăjiturile coapte la o temperatură mai înaltă, după versiunea „mutantă" a rețetei, vor diferi de cele coapte la o temperatură mai scăzută, după versiunea inițială a rețetei, nu doar într-o parte, ci în întreaga lor substanță. Dar analogia e în continuare prea simplă. Pentru a simula „coacerea" unui copil, trebuie să ne

închipuim nu doar un singur proces într-un singur cuptor, ci o rețea complicată de benzi rulante care fac să treacă diferite părți ale preparatului prin 10 milioane de cuptoare miniaturale diferite, în serie și în paralel, fiecare cuptor scoțând la iveală o combinație diferită de arome pornind de la 10 000 de ingrediente de bază. Ideea că genele nu sunt un plan, ci o rețetă pentru un proces reiese mai limpede din versiunea complexă a analogiei decât din cea simplă.

E momentul să aplicăm această idee la problema moștenirii caracteristicilor dobândite. Când construiești ceva după un plan, spre deosebire de cazul în care construiești după o rețetă, procesul e *reversibil* (inversabil). Dacă ai o casă, e foarte ușor să-i reconstitui planul. Nu trebuie decât să măsori toate dimensiunile casei și să le reprezinți la scară. Dacă ea ar „dobândi" vreo caracteristică – de pildă, ar fi dărâmat un perete interior pentru a lărgi spațiul de la parter –, planul reconstituit („inversat") ar înregistra cu fidelitate această modificare. Dacă genele ar fi un plan, ne-am putea lesne închipui că orice caracteristică dobândită de corp în cursul vieții e transcrisă cu fidelitate înapoi în codul genetic, iar astfel e transmisă generației următoare. Fiul fierarului ar putea într-adevăr moșteni consecințele antrenamentelor tatălui. Dar pentru că genele nu sunt un plan, ci o rețetă, acest lucru nu e posibil. Moștenirea caracteristicilor dobândite e la fel de puțin plauzibilă ca următorul scenariu. Dintr-o prăjitură am tăiat o felie. O descriere a acestei modificări e introdusă din nou în rețetă, iar rețeta se schimbă în așa fel încât următoarea prăjitură coaptă după versiunea modificată a rețetei iese din cuptor având deja o felie lipsă.

Lamarckiștii au în mod tradițional o predilecție pentru bătături, prin urmare să considerăm exemplul bătăturilor. Ipoteticul nostru funcționar are mâini fine, cu excepția unei bătături la degetul mijlociu de la mâna dreaptă, bătătură provocată de scris. Dacă toate generațiile sale următoare ar scrie mult, lamarckiștii s-ar aștepta ca genele care controlează dezvoltarea pielii în acea regiune să fie modificate astfel încât copiii să se nască având deja degetul mijlociu întărit. Dacă genele ar fi un plan, lucrul acesta ar fi perfect plauzibil. Ar exista o genă „pentru" fiecare milimentru pătrat (sau

o altă unitate mică) de piele. Întreaga suprafață a pielii unui funcționar adult ar fi „scanată", dirítatea fiecărui milimetru pătrat ar fi atent înregistrată și reintrodusă în genele „pentru" acel milimetru pătrat de piele, în particular în genele corespunzătoare din spermatozoizii săi.

Numai că genele nu sunt un plan. Nu există o genă „pentru" fiecare milimetru pătrat. Nu se poate ca un corp adult să fie scanat, iar descrierea lui să fie reintrodusă în gene. „Coordonatele" unei bătături nu pot fi „căutate" în catalogul genetic, nici genele „corespunzătoare" nu pot fi modificate. Dezvoltarea embrionară e un proces la care participă toate genele active; e un proces care, dacă e urmat corect în direcția cea bună, are drept rezultat un corp adult, însă e un proces esențialmente ireversibil. Moștenirea caracteristicilor dobândite nu numai că nu are loc, dar nici *nu poate* avea loc într-o formă de viață a cărei dezvoltare embrionară e epigenetică, și nu preformaționistă. Orice biolog care pledează în favoarea lamarckismului pledează implicit în favoarea unei embriologii atomiste, deterministe și reducționiste. N-am vrut să-i derutez pe cititori cu această înlănțuire de termeni pretențioși, dar ironia soartei face ca acei biologi din zilele noastre care se apropie cel mai mult de perspectiva lamarckistă să folosească exact aceiași termeni când îi critică pe ceilalți.

Asta nu înseamnă că undeva în univers nu ar putea exista o formă de viață diferită în care embriologia să fie preformaționistă, o formă de viață care să aibă într-adevăr o „genetică a planului", iar astfel caracteristicile dobândite să fie într-adevăr moștenite. Tot ce am demonstrat deocamdată este că lamarckismul e incompatibil cu embriologia pe care o cunoaștem noi. Afirmația mea de la începutul capitolului mergea mai departe: chiar dacă *ar putea* fi moștenite caracteristicile dobândite, teoria lui Lamarck tot nu ar putea explica evoluția adaptativă. Această afirmație are un grad mai înalt de generalitate, din moment ce se aplică tuturor formelor de viață, pretutindeni în univers. Ea se bazează pe două raționamente, unul legat de dificultățile principiului utilizării și neutilizării, iar celălalt

legat de dificultățile moștenirii caracteristicilor dobândite. Le voi prezenta în ordine inversă.

Problema caracteristicilor dobândite e în esență următoarea. În principiu, e bine să moștenești caracteristicile dobândite, dar nu toate caracteristicile dobândite sunt îmbunătățiri. E limpede că evoluția nu se va îndrepta în direcția îmbunătățirii adaptative dacă însușirile dobândite sunt moștenite în mod nediscriminat – dacă picioarele rupte și cicatricile rămase de pe urma varicelei sunt transmise din generație în generație la fel ca tălpile înăsprite sau pielea bronzată. Majoritatea caracteristicilor pe care o mașinărie le dobândește pe măsură ce se învechește sunt distrugerile acumulate în timp: mașinăria se uzează. Dacă ele ar fi adunate printr-un fel de proces de scanare și reintroduse în plan pentru următoarea generație, generațiile vor deveni din ce în ce mai decrepite. În loc s-o ia de la capăt cu un plan nou, fiecare generație și-ar începe viața împovărată de uzura și distrugerile acumulate în generațiile anterioare.

Această dificultate nu e neapărat insurmontabilă. Fără îndoială că anumite caracteristici dobândite sunt îmbunătățiri, iar teoretic se poate imagina că mecanismul de transmitere a moștenirii ar putea deosebi cumva îmbunătățirile de deteriorări. Dar, dacă ne gândim cum ar putea funcționa această discriminare, ajungem să ne întrebăm de ce caracteristicile dobândite *sunt* uneori îmbunătățiri. De pildă, de ce zonele de piele care sunt folosite, cum ar fi tălpile celui care aleargă desculț, devin mai groase și mai aspre? La prima vedere s-ar părea că e mai probabil ca pielea să devină mai subțire: la majoritatea mașinăriilor, părțile supuse uzurii se subțiază, pentru simplul motiv că uzura îndepărtează particule, nu adaugă.

Darwinistul are un răspuns simplu. Pielea care e supusă uzurii se îngroașă pentru că selecția naturală din trecutul ancestral i-a favorizat pe indivizii a căror piele s-a întâmplat să răspundă uzurii în acest mod avantajos. În același fel, selecția naturală i-a favorizat pe indivizii din generațiile trecute care s-a întâmplat să răspundă la razele soarelui prin închiderea la culoare a pielii. Darwinistul susține că singurul motiv pentru care unele caracteristici dobândite

sunt îmbunătățiri este acela că ele se sprijină pe selecția darwinistă din trecut. Cu alte cuvinte, teoria lamarckistă poate explica îmbunătățirile adaptative din evoluție doar pe baza teoriei darwiniste. Dacă selecția darwinistă e prezentă pentru a face ca unele caracteristici dobândite să fie avantajoase și pentru a oferi un mecanism care să deosebească achizițiile avantajoase de cele dezavantajoase, atunci moștenirea caracteristicilor dobândite ar putea în principiu conduce la o îmbunătățire evolutivă. Dar *îmbunătățirea* se datorează în întregime sprijinului darwinist. Ajungem astfel înapoi la darwinism pentru a explica aspectul adaptativ al evoluției.

Același lucru e valabil și pentru o clasă mai importantă de îmbunătățiri dobândite, cele care poartă numele generic de „învățare". În cursul vieții sale, un animal devine tot mai priceput pentru a-și asigura traiul. Animalul învață ce e bine și ce nu e bine pentru el. Creierul său înmagazinează numeroase amintiri despre lumea sa și despre acțiunile care tind să aibă consecințe dezirabile sau consecințe indezirabile. O mare parte din comportamentul unui animal intră deci în categoria caracteristicilor dobândite, iar multe dintre achizițiile de acest tip – „învățarea" – merită într-adevăr să fie considerate îmbunătățiri. Dacă părinții ar putea cumva transcrie în genele lor înțelepciunea acumulată în cursul vieții așa încât progeniturile lor să se nască având deja o întreagă experiență pe care să se poată bizui, atunci progeniturile ar începe viața având din start un avantaj. Progresul evolutiv s-ar accelera dacă deprinderile și înțelepciunea dobândite ar fi în mod automat încorporate în gene.

Dar toate acestea presupun ca modificările de comportament pe care le numim învățare să fie cu adevărat îmbunătățiri. De ce *ar trebui* ele să fie neapărat îmbunătățiri? De fapt, animalele învață într-adevăr să facă ce e bine, și nu ce e rău pentru ele, dar de ce oare? Animalele tind să evite acțiunile care au provocat în trecut durere. Dar durerea nu e o substanță. Durerea e pur și simplu ceea ce creierul decretează că e durere. E o șansă faptul că acele evenimente resimțite drept dureroase, de pildă înțeparea violentă a suprafeței corpului, sunt în același timp și evenimentele care tind să pună

în primejdie viața animalului. Dar ne-am putea imagina o rasă de animale cărora le-ar *plăcea* să fie rănite sau să suporte alte acțiuni care le primejduiesc supraviețuirea; o rasă de animale al căror creier e construit astfel încât resimte ca pe o plăcere rănirea și ca pe o durere stimulii favorabili supraviețuirii, cum e gustul mâncării hrănitoare. Motivul pentru care nu există în realitate asemenea animale masochiste este unul darwinist: din motive evidente, strămoșii masochiști nu ar fi supraviețuit pentru a lăsa urmași care să le moștenească masochismul. Am putea probabil crește prin selecție artificială în cuști perfect izolate o rasă de masochiști ereditari, în condiții atent controlate, astfel încât supraviețuirea să fie asigurată de echipe de medici veterinari și supraveghetori. În natură însă, asemenea masochiști n-ar supraviețui, iar acesta e motivul principal pentru care modificările pe care le numim învățare tind să fie îmbunătățiri, și nu înrăutățiri. Am ajuns din nou la concluzia că trebuie să existe o bază darwinistă care să garanteze că însușirile dobândite sunt avantajoase.

Să ne întoarcem acum la principiul utilizării și neutilizării. Acest principiu pare să funcționeze foarte bine pentru unele aspecte ale îmbunătățirilor dobândite. E o regulă generală care nu depinde de detaliile specifice. Regula e simplă: „O parte a corpului care e folosită frecvent trebuie să devină mai mare, iar o parte care nu e folosită trebuie să devină mai mică sau chiar să dispară." Din moment ce ne putem aștepta ca părțile folositoare (deci probabil folosite) ale corpului să aibă în general de câștigat dacă se măresc, iar părțile nefolositoare (deci probabil nefolosite) nici măcar să nu existe, principiul pare să aibă o anumită valoare generală. Apare totuși o mare problemă în legătură cu principiul utilizării și neutilizării. Chiar dacă nu i se poate aduce nici o obiecție, e o unealtă prea grosolană pentru a modela extrem de finele adaptări pe care le întâlnim la animale și plante.

Să considerăm din nou exemplul ochiului. Gândiți-vă la toate părțile componente care cooperează într-un mod complicat: cristalinul atât de limpede și corectarea aberațiilor cromatice și

de sfericitate*; mușchii care pot focaliza instantaneu cristalinul asupra oricărei ținte aflate la o distanță ce poate varia între câțiva centimetri și infinit; diafragma irisului sau mecanismul de obturare care reglează fin deschiderea ochiului, ca la un aparat de fotografiat cu exponometru încorporat; retina cu cele 125 de milioane de celule fotosensibile pentru codificarea culorii; rețeaua fină de vase de sânge care alimentează fiecare parte a mașinăriei; rețeaua încă și mai fină de nervi – echivalentul conexiunilor dintr-un circuit integrat. Țineți cont de toată această complexitate fin cizelată și puneți-vă întrebarea dacă ar fi putut ea să apară pornind de la principiul utilizării și neutilizării. Eu cred că răspunsul e un „nu" evident.

Cristalinul e transparent și corectează aberațiile cromatice și de sfericitate. Putea oare să apară prin simpla *utilizare*? Se poate cristalinul limpezi prin volumul de fotoni care se revarsă asupra lui? Va deveni oare un cristalin mai bun pentru că e folosit, pentru că lumina a trecut prin el? Evident că nu. De ce să devină mai bun? Se vor împărți oare de la sine celulele retinei în trei clase sensibile la o anumită culoare doar pentru că sunt bombardate cu lumină de diferite culori? De ce să se împartă? Odată ce mușchii pentru focalizare există, e drept că, exersându-i, vor deveni mai mari și mai puternici, dar asta nu va face ca imaginile să fie mai precis focalizate. Adevărul este că principiul utilizării și neutilizării nu poate modela decât cele mai grosolane și mai banale adaptări.

Pe de altă parte, selecția darwinistă poate explica fiecare mic detaliu. Vederea bună, precisă și fidelă până la amănunte minuscule poate fi o chestiune de viață și de moarte pentru un animal. Un cristalin bine focalizat și corectat împotriva aberațiilor poate fi decisiv pentru ca o pasăre care zboară foarte repede cum e lăstunul să prindă o muscă în loc să se izbească de o stâncă. O bună reglare a diafragmei irisului, care se închide rapid când pătrunde lumina soarelui, poate fi decisivă pentru a vedea la timp un prădător

* Distorsiuni ale culorilor și formelor în imaginile obținute cu lentile simple. Ele pot fi corectate prin adăugarea unor lentile, așa cum se întâmplă la obiectivele aparatelor de fotografiat. (*N. red.*)

și a scăpa în loc să fii luat prin surprindere în momentul fatal. Orice îmbunătățire a eficacității ochiului, oricât de subtilă și oricât de adânc îngropată în țesuturile interne, poate contribui la succesul animalului în supraviețuire și reproducere, iar astfel la propagarea genelor care au adus îmbunătățirea. Prin urmare, selecția darwinistă poate explica evoluția îmbunătățirilor. Teoria darwinistă explică evoluția instrumentelor de succes pentru supraviețuire ca pe o consecință directă a succesului însuși. Legătura între explicație și ceea ce e de explicat este directă și amănunțită.

Pe de altă parte, teoria lamarckistă se bazează pe o legătură slabă și grosolană: regula că tot ce e folosit mult ar fi mai bun dacă ar fi mai mare. E totuna cu a te baza pe corelația între dimensiunea unui organ și eficacitatea lui. Dacă există o asemenea corelație, atunci ea e fără îndoială una extrem de slabă. Teoria darwinistă se bazează pe corelația între *calitatea* unui organ și efectul ei: o corelație în mod necesar perfectă! Acest neajuns al teoriei lamarckiste nu depinde de detaliile formelor de viață pe care le întâlnim pe planeta noastră. E un neajuns de ordin general care se aplică oricărui tip de complexitate adaptativă și cred că trebuie să se aplice vieții oriunde în univers, oricât de diferite și de stranii ar fi detaliile acelei vieți.

Demonstrația noastră că lamarckismul e fals este completă. În primul rând, presupunerea lui esențială – caracteristicile dobândite se moștenesc – e falsă pentru toate formele de viață studiate. În al doilea rând, nu e doar falsă, ci *trebuie* să fie falsă pentru orice formă de viață care se bazează pe o embriologie de tip epigenetic („rețetă"), și nu pe o embriologie de tip preformaționist („plan"), iar în această categorie intră toate formele de viață studiate. În al treilea rând, chiar dacă presupunerile teoriei lamarckiste ar fi adevărate, teoria nu poate în principiu explica, din două motive independente, evoluția complexității adaptative nici pe Pământ, nici altundeva în univers. Așa încât nu e vorba că lamarckismul ar fi un rival al teoriei darwiniste care se întâmplă să fie fals. Lamarckismul nu e deloc un rival al darwinismului. Nu e nici măcar un *candidat* serios care

să explice evoluţia complexităţii adaptative. E de la bun început exclus să devină un potenţial rival pentru darwinism.

Există alte câteva teorii care au fost, şi din când în când mai sunt, propuse ca alternative la selecţia darwinistă. Voi arăta că nici ele nu sunt alternative serioase. Voi arăta că aceste „alternative" – „neutralismul", „mutaţionismul" etc. – ar putea fi răspunzătoare pentru unele transformări evolutive observate, dar nu pot fi răspunzătoare pentru transformările evolutive *adaptative*, adică pentru transformările orientate în direcţia constituirii unor instrumente pentru supravieţuire îmbunătăţite, cum sunt ochii, urechile, articulaţiile coatelor sau dispozitivele de orientare cu ajutorul ecoului. Desigur, o mare parte a transformărilor evolutive pot să nu fie adaptative, iar aceste teorii alternative pot juca un rol important în evoluţie, dar numai în aspectele neinteresante ale evoluţiei, nu şi în cele care fac distincţia între lumea vie şi cea neînsufleţită. Lucrul acesta e deosebit de limpede în cazul teoriei neutraliste a evoluţiei. Istoria ei e lungă, dar poate fi uşor înţeleasă în forma ei modernă, moleculară, sub care a fost prezentată mai cu seamă de marele genetician japonez Motoo Kimura, a cărui stil de exprimare în engleză, în paranteză fie spus, i-ar face geloşi pe mulţi dintre cei a căror limbă maternă e engleza.

Am avut deja puţin de-a face cu teoria neutralistă. Ideea de bază este că diverse variante ale aceleiaşi molecule, de pildă variante ale moleculei de hemoglobină care diferă prin secvenţele de aminoacizi, sunt la fel de bune. Aceasta înseamnă că mutaţiile de la o variantă a hemoglobinei la alta sunt *neutre* din punctul de vedere al selecţiei naturale. Neutraliştii cred că marea majoritate a transformărilor evolutive, la nivelul geneticii moleculare, sunt neutre – *aleatoare* în raport cu selecţia naturală. Oponenţii lor, numiţi selecţionişti, cred că selecţia naturală e o forţă importantă chiar şi la nivel de detaliu în fiecare punct de-a lungul lanţurilor moleculare.

E esenţial să facem distincţia între două întrebări. Prima e întrebarea – relevantă în acest capitol – dacă neutralismul e o alternativă pentru selecţia naturală ca explicaţie a evoluţiei adaptative. A doua întrebare e dacă majoritatea transformărilor evolutive care au loc

sunt adaptative. Dat fiind că vorbim despre o transformare evolutivă de la o formă a moleculei la alta, cât de probabil e ca transformarea să fi apărut prin selecție naturală și cât de probabil e să fie o transformare neutră care a apărut în mod aleator? Legat de această a doua întrebare, printre geneticieni s-a dus o luptă cu sorți schimbători, câștig de cauză având întâi una dintre tabere, apoi cealaltă. Dacă însă ne concentrăm asupra adaptării – prima întrebare –, totul e o furtună într-un pahar cu apă. În ce ne privește, o mutație neutră poate la fel de bine să nu existe, din moment ce nu poate fi observată nici de noi, nici de selecția naturală. O mutație neutră *nu e* deloc o mutație dacă ne gândim la picioare, brațe, aripi, ochi sau comportament! Pentru a reveni la analogia cu rețeta, prăjitura va avea același gust și dacă unele cuvinte din rețetă au suferit „mutații" apărând cu alte caractere de literă. Din perspectiva rezultatului final, prăjitura gătită, este vorba de una și aceeași rețetă, indiferent dacă a fost tipărită *așa* sau **așa**. Geneticienii moleculari sunt ca niște tipografi cusurgii. Pe ei îi preocupă forma concretă a cuvintelor cu care au fost scrise rețetele. Selecției naturale nu-i pasă, și nici nouă n-ar trebui să ne pese atunci când vorbim despre evoluția adaptării. Dacă ne interesează alte aspecte ale evoluției, de pildă ritmurile evoluției în diferite filiații, mutațiile neutre sunt de mare importanță.

Până și cel mai fervent neutralist e de acord că selecția naturală e răspunzătoare pentru întreaga adaptare. El nu spune decât că majoritatea transformării evolutive nu e adaptare. S-ar putea să aibă dreptate, deși una din școlile de genetică nu e de acord cu el. Nefiind direct implicat, eu sper ca neutraliștii să aibă câștig de cauză, pentru că astfel va fi mult simplificată estimarea relațiilor evolutive și a ritmurilor evoluției. Ambele tabere sunt de acord că evoluția neutră nu poate conduce la îmbunătățiri adaptative, pentru simplul motiv că evoluția neutră este, prin definiție, aleatoare. Nici de această dată nu am reușit să găsim o alternativă la selecția darwinistă care să explice acea trăsătură a lumii vii ce o deosebește de lumea neînsuflețită, și anume complexitatea adaptativă.

Ajungem astfel la un alt rival istoric al darwinismului – teoria „mutaționismului". Pare greu de înțeles acum, dar la începutul secolului XX, când a fost descoperit fenomenul mutației, el nu a fost privit ca o parte necesară a teoriei darwiniste, ci ca o teorie *alternativă* a evoluției! A existat o școală de geneticieni numiți mutaționiști, între care se aflau nume ilustre precum Hugo de Vries și William Bateson, cei care au redescoperit principiile eredității ale lui Mendel, Wilhelm Johannsen, cel care a inventat cuvântul „genă", și Thomas Hunt Morgan, părintele teoriei cromozomiale a eredității. În special de Vries era impresionat de amploarea transformării pe care mutația o poate provoca și credea că speciile noi apar mereu prin mutații majore într-un singur pas. El și Johannsen credeau că cea mai mare parte a variației *în cadrul* speciilor era negenetică. Toți mutaționiștii erau de părere că selecția juca în cel mai bun caz un rol minor în evoluție. Adevărata forță creatoare era mutația însăși. Se credea că genetica mandeliană era opusă darwinismului, și nu temelia lui, așa cum se consideră azi.

În zilele noastre e greu să reacționezi la această idee altfel decât zâmbind, dar ar trebui să nu repetăm atitudinea arogantă a lui Bateson: „Apelăm la Darwin pentru incomparabila sa colecție de fapte, [dar...] în ochii noștri el nu mai reprezintă nici un fel de autoritate filozofică. Citim schema Evoluției sale la fel cum îi citim pe Lucrețiu sau pe Lamarck." Pentru a merge apoi și mai departe: „Transformarea maselor de populații prin pași imperceptibili călăuziți de selecție este, după cum cei mai mulți dintre noi își dau seama acum, atât de greu de aplicat faptelor, încât nu putem decât să ne minunăm în fața ambiției partizanilor acestei idei de a o face cunoscută și în fața forței lor de convingere grație căreia a părut pentru o vreme acceptabilă." Între toți biologii, R.A. Fisher a avut contribuția cea mai importantă la schimbarea radicală de atitudine: teoria mendeliană a eredității s-a dovedit indispensabilă darwinismului, nu opusă lui.

Mutația e necesară evoluției, dar cine și-ar fi putut vreodată închipui că e suficientă? Transformarea evolutivă este *îmbunătățire* într-o măsură incomparabil mai mare decât ne-ar lăsa să credem

pura întâmplare. Dificultatea de accepta mutația ca unică forță evolutivă se exprimă foarte simplu de unde ar putea să „*știe*" mutația ce e bine și ce e rău pentru animal? Între toate modificările imaginabile care ar putea avea loc într-un mecanism complex cum e un organ, imensa majoritate or avea efecte negative. Doar extrem de puține vor aduce îmbunătățiri. Cine susține că mutația, fără selecție, e forța motrice a evoluției trebuie să explice cum se face că mutațiile tind să aducă îmbunătățiri. Ce înțelepciune misterioasă înnăscută determină corpul să aleagă o mutație în direcția îmbunătățirii, și nu a înrăutățirii Observați că e de fapt aceeași întrebare pe care am adresat-o lamarckismului, dar altfel formulată. Evident, mutaționiștii n-au răspuns niciodată. Ce e ciudat este că întrebarea pare să nu-i fi preocupat deloc.

În zilele noastre acest lucru e încă și mai absurd, din moment ce știm că mutațiile sunt „aleatoare". Dacă mutațiile sunt aleatoare, atunci, prin definiție, ele nu pot favoriza îmbunătățirile. Dar, desigur, mutaționiștii nu considerau mutațiile aleatoare. Ei credeau că organismul are o tendință înnăscută de a suferi transformări în anumite direcții mai curând decât în altele, așa încât au lăsat fără răspuns întrebarea cum „știe" organismul ce schimbări se vor dovedi bune în viitor. Deși aici avem de-a face cu un nonsens mistic, e important să lămurim ce anume înțelegem când spunem că mutația e aleatoare. Există aleator și aleator, iar mulți confundă diferitele semnificații ale cuvântului. În multe privințe mutația nu e aleatoare. Eu vreau să vorbesc numai despre acelea care *nu* au vreo legătură cu anticiparea a ceea ce ar putea îmbunătăți viața animalului. Ceva echivalent cu această anticipare ar fi într-adevăr necesar dacă am folosi mutația, fără selecție, pentru a explica evoluția. E instructiv să cercetăm mai atent sensurile în care mutația este și nu este aleatoare.

În primul rând, mutația e nealeatoare în următoarea privință: mutațiile sunt provocate de evenimente fizice bine determinate, nu au loc pur și simplu spontan. Ele sunt induse de așa-numiții „mutageni" (periculoși deoarece provoacă adesea cancer): raze X, radiații cosmice, substanțe radioactive, diferite substanțe chimice sau chiar alte gene numite „gene mutatoare". În al doilea rând,

probabilitatea de a fi supuse mutațiilor nu e aceeași pentru toate genele tuturor speciilor. Fiecare locus* de pe cromozomi are propria lui *rată de mutație* caracteristică. De pildă, rata la care mutația creează gena pentru boala numită coreea Huntington, care provoacă decesul la vârstă mijlocie, este de aproximativ 1 la 200 000. Rata pentru acondroplazie (sindromul piticului, caracteristic rasei de câini baset, care face ca brațele și picioarele să fie disproporționat de scurte în raport cu corpul) este de 10 ori mai mare. Aceste rate sunt măsurate în condiții normale. Dacă sunt prezenți mutageni precum razele X, toate ratele de mutație normale cresc. Există părți din cromozom numite „puncte fierbinți", unde rata locală de mutație e foarte mare.

În al treilea rând, în fiecare locus de pe cromozomi, indiferent dacă e sau nu un „punct fierbinte", mutațiile într-o anumită direcție pot fi mai probabile decât mutațiile în direcția inversă. Aceasta dă naștere fenomenului numit „presiunea mutației", care poate avea consecințe evolutive. Chiar dacă, de pildă, două forme ale moleculei de hemoglobină, Forma 1 și Forma 2, sunt neutre din punct de vedere selectiv în sensul că sunt la fel de bune pentru transportul oxigenului în sânge, e posibil ca mutațiile de la 1 la 2 să fie mai frecvente decât mutațiile de la 2 la 1. În acest caz, presiunea mutației va face ca Forma 2 să fie mai răspândită decât Forma 1. Spunem că presiunea mutației e zero într-un anume locus cromozomial dacă în acel locus rata mutației într-un sens este egală cu rata mutației în sens invers.

Putem înțelege acum că întrebarea dacă mutația e într-adevăr aleatoare nu e una banală. Răspunsul depinde de ce anume înțelegem prin aleator. Dacă dați „mutației aleatoare" sensul că mutațiile nu sunt influențate de evenimente externe, atunci razele X dezmint afirmația că mutația e aleatoare. Dacă vă închipuiți că „mutație aleatoare" înseamnă că probabilitatea de mutație e aceeași pentru toate genele, atunci „punctele fierbinți" ne arată că mutația nu e

* Locus (pl. loci) = poziție determinată ocupată de o genă în structura cromozomului. (*N. red.*)

aleatoare. Dacă vă închipuiți că „mutație aleatoare" înseamnă că în toți locii cromozomiali presiunea mutației e nulă, atunci din nou mutația nu e aleatoare. Doar dacă prin „aleator" înțelegem „fără favorizarea îmbunătățirii organismului" mutația e într-adevăr aleatoare. Nici unul dintre cele trei tipuri de caracter nealeator prezentate mai sus nu poate deplasa evoluția în direcția îmbunătățirii adaptative mai curând decât în oricare altă direcție (funcțional) „aleatoare". Există și un al patrulea tip de caracter nealeator, pentru care afirmația rămâne valabilă, dar în acest caz nu e chiar evidentă, iar lucrurile se cer lămurite: fiindcă nici măcar biologii nu sunt feriți de confuzii.

Pentru unii, „aleator" are un sens pe care eu îl găsesc de-a dreptul bizar. Voi cita din doi adversari ai darwinismului – P. Saunders și M.-W. Ho. Iată ce cred ei că înțeleg darwiniștii prin „mutație aleatoare": „Ideea neodarwinistă de variație aleatoare e subminată de grava eroare că tot ce poate fi conceput e și posibil." „Se consideră că *toate* modificările sunt posibile și toate sunt *egal probabile*" (sublinierea mea). Nu numai că nu susțin așa ceva, dar nu văd ce *sens* ar putea avea o asemenea afirmație! Cum să susții că „toate" modificările sunt egal probabile? *Toate* modificările? Pentru ca două sau mai multe lucruri să fie „egal probabile" trebuie ca ele să poată fi definite ca variante distincte. De pildă, putem spune „capul și pajura sunt egal probabile" fiindcă cele două sunt variante distincte. Însă „toate" modificările „posibile" pentru corpul unui animal nu sunt variante distincte de acest tip. Să considerăm două variante posibile: „Coada vacii se lungește cu 2 centimetri" și „Coada vacii se lungește cu 4 centimetri". Sunt ele două variante distincte și prin urmare „egal probabile"? Sau sunt doar variații cantitative ale aceleiași variante?

E limpede că a fost născocită un fel de caricatură a darwinistului, a cărui idee de aleator e absurdă, dacă nu de-a dreptul lipsită de sens. Mi-a luat ceva timp ca să înțeleg această caricatură, fiindcă e profund străină de felul în care gândesc darwiniștii pe care îi cunosc eu. Cred însă că acum o înțeleg și am să încerc să lămuresc

lucrurile, deoarece asta ne va ajuta să înțelegem în mare măsură ce se află în spatele pretinsei opoziții la darwinism.

Variația și selecția conlucrează pentru a genera evoluția. Darwinistul spune că variația e aleatoare în sensul că nu e orientată spre îmbunătățire și că tendința spre îmbunătățire în evoluție e dată de selecție. Putem să ne închipuim un fel de spectru continuu al doctrinelor privind evoluția, cu darwinismul la un capăt și mutaționismul la celălalt. Mutaționiștii radicali cred că selecția nu joacă nici un rol în evoluție. Direcția evoluției e determinată de direcția mutațiilor care sunt oferite. Să considerăm, de pildă, mărirea creierului uman, care a avut loc în cursul ultimelor câteva milioane de ani. Darwinistul spune că în variația oferită de mutație pentru selecție se aflau unii indivizi cu creiere mai mici și unii indivizi cu creiere mai mari; selecția i-a favorizat pe cei din a doua categorie. Mutaționistul spune că a existat o tendință în favoarea creierelor mai mari în variația oferită de mutație; nu a existat selecție (sau nu a fost nevoie de selecție) după ce variația a fost oferită; creierele au crescut pentru că transformarea mutațională a fost orientată în direcția creierelor mai mari. Pe scurt: în evoluție a existat o tendință în favoarea creierelor mai mari; tendința putea să vină doar din selecție (perspectiva darwinistă) sau doar din mutație (perspectiva mutaționistă). Ne putem imagina un spectru continuu între aceste perspective, ca un fel de troc între cele două posibile surse ale tendinței evolutive. Calea de mijloc ar fi că în mutații a existat *o oarecare* tendință spre mărirea creierului, iar selecția a accentuat această tendință la populația care a supraviețuit.

Elementul de caricatură apare în felul în care e prezentat ce anume înțelege darwinistul când spune că nu există nici o tendință în variația mutațională oferită selecției. Pentru mine, ca darwinist real, pur și simplu mutația nu e orientată sistematic în direcția îmbunătățirii adaptative. Dar pentru caricatura ireală a darwinistului toate transformările imaginabile sunt „egal probabile". Lăsând la o parte imposibilitatea logică a unei asemenea convingeri, despre care am vorbit deja, se presupune că pentru caricatura darwinistului corpul e o bucată de lut infinit maleabilă care se lasă modelată de

atotputernica selecție în orice formă își dorește ea. E important să înțelegem diferența între darwinistul real și caricatură. Pentru aceasta voi apela la un exemplu: diferența între tehnicile de zbor ale liliecilor și cele ale îngerilor.

Îngerii sunt mereu înfățișați având aripi care le cresc din spate, iar brațele lor nu sunt acoperite cu pene. Liliecii, în schimb, asemenea păsărilor și pterodactililor, nu au brațe independente. Brațele lor ancestrale au fost încorporate în aripi și nu pot fi folosite, sau pot fi folosite doar cu stângăcie pentru alte scopuri decât culegerea hranei. Vom asculta acum discuția între un darwinist real și caricatura dusă la extrem a unui darwinist.

Darwinistul real: Mă mir de ce liliecilor nu le-au crescut aripi ca ale îngerilor. S-ar fi putut folosi de brațele libere. Șoarecii își folosesc mereu brațele ca să culeagă și să rontăie hrana, iar pe pământ liliecii arată îngrozitor de neîndemânatici fără brațe. Bănuiesc că un răspuns ar putea fi acela că mutația nu a oferit niciodată variația necesară. Pur și simplu nu a existat vreun strămoș mutant al liliecilor căruia să-i crească muguri de aripi în mijlocul spinării.

Caricatura: Prostii. Selecția e totul. Dacă liliecii n-au aripi ca îngerii, asta nu poate să însemne decât că selecția n-a favorizat aripi cum sunt cele ale îngerilor. Au existat fără îndoială lilieci mutanți cu muguri de aripi crescându-le din mijlocul spinării, dar selecția nu i-a favorizat.

Darwinistul real: Sunt de acord că selecția s-ar putea să nu-i fi favorizat odată ce mugurii aripilor ar fi apărut. Și asta pentru că ar fi crescut greutatea animalului, iar surplusul de greutate e un lux pe care nu și-l permite nici un avion. Doar nu crezi însă că mutația oferă mereu variația necesară pentru *orice* ar putea selecția în principiu favoriza!

Caricatura: Cum să nu! Selecția e totul. Mutația e aleatoare.

Darwinistul real: Ce-i drept, mutația e aleatoare, dar asta înseamnă doar că ea nu poate vedea în viitor și nu poate

planifica ce ar fi bine pentru animal. Nu înseamnă că absolut *orice* e posibil. De ce crezi că nici un animal nu scoate flăcări pe nări ca un balaur, de pildă? Nu l-ar ajuta oare să-şi prindă şi să-şi prăjească prada?

Caricatura: E simplu. Selecţia e totul. Animalele nu scot flăcări pe nări pentru că asta nu le convine. Mutanţii care scoteau flăcări au fost eliminaţi de selecţia naturală, pesemne fiindcă trebuiau să consume prea multă energie ca să producă flăcările.

Darwinistul real: Mă îndoiesc că au existat vreodată mutanţi care să scoată flăcări pe nări. Şi, chiar dacă au existat, îi păştea probabil pericolul să se ardă pe ei înşişi!

Caricatura: Prostii. Daca asta ar fi fost singura problemă, selecţia ar fi favorizat apariţia nărilor căptuşite cu azbest.

Darwinistul real: Nu cred că vreo mutaţie a produs vreodată nări căptuşite cu azbest. Dacă vreun animal mutant ar secreta azbest, atunci şi o vacă mutantă ar putea sări pe lună.

Caricatura: O vacă mutantă care ar sări pe lună ar fi imediat eliminată de selecţia naturală. Acolo nu-i oxigen, doar ştii.

Darwinistul real: Mă surprinde că nu postulezi existenţa unor vaci mutante echipate genetic cu costume de astronaut şi cu măşti de oxigen.

Caricatura: Bună observaţie! Ei bine, eu cred că adevărata explicaţie e aceea că vacilor nu le-ar conveni să sară pe lună. Şi nu trebuie să uităm cheltuiala de energie pentru a ajunge la prima viteză cosmică.

Darwinistul real: E absurd.

Caricatura: Se vede că nu eşti un darwinist adevărat. Eşti cumva deviaţionist criptomutaţionist?

Mutaționistul: E o discuție numai între darwiniști sau poate să intervină oricine? Necazul cu voi doi e că acordați prea multă importanță selecției. Tot ce poate să facă selecția e să elimine diformitățile și bizareriile grosolane. Ea nu poate genera o evoluție cu adevărat constructivă. Haideți să ne întoarcem la evoluția aripilor liliecilor. Ce s-a întâmplat de fapt a fost că, într-o populație străveche de animale terestre, anumite mutații au produs degete alungite cu pielițe între ele. Odată cu trecerea generațiilor, aceste mutații au devenit tot mai frecvente, până când, în cele din urmă, întreaga populație a avut aripi. Nu are nici o legătură cu selecția. A existat doar această tendință inclusă în constituția liliacului strămoș de a-și dezvolta aripi.

Darwinistul real și caricatura (la unison): Misticism putred! Întoarce-te în secolul XIX, unde ți-e locul.

Vreau să cred că cititorul nu e nici de partea mutaționistului, nici de partea caricaturii darwinistului. Bănuiesc că, la fel ca mine, cititorul e de acord cu darwinistul real. Caricatura nu există în realitate. Din păcate, unii *cred* că există și că, din moment ce nu sunt de acord cu ea, nu sunt de acord nici cu darwinismul în sine. Există o școală de biologi care susțin ceva de genul acesta: Problema darwinismului este că ignoră constrângerile impuse de embriologie. Darwiniștii (și aici apare caricatura) cred că, dacă selecția ar favoriza o anume transformare evolutivă imaginabilă, atunci variația mutațională necesară ar deveni automat disponibilă. Transformarea mutațională în orice direcție e egal probabilă: selecția oferă unica tendință.

Un darwinist real își dă seama însă că, deși orice genă din orice cromozom poate suferi oricând o mutație, consecințele mutației asupra *corpurilor* sunt drastic limitate de procesele embrionare. Dacă m-aș fi îndoit vreo clipă de asta (n-am făcut-o), dubiile mi-ar fi fost risipite de simulările pe calculator ale biomorfelor. Nu se

poate postula o mutație „pentru" creșterea aripilor în mijlocul spinării. Aripile, sau orice altceva, pot să apară doar dacă procesul de dezvoltare o permite. Nimic nu „crește" în mod magic. Totul trebuie să se desfășoare prin procesele dezvoltării embrionare. Doar o mică parte din lucrurile care ar putea în principiu evolua sunt de fapt permise de procesele de dezvoltare existente. Datorită modului în care se dezvoltă brațele, e posibil ca mutațiile să determine alungirea degetelor și apariția unei piliță între ele. Dar s-ar putea să nu existe nimic în embriologia spinărilor care să permită „creșterea" aripilor de înger. Genele pot suferi mutații peste mutații, dar nici unui mamifer nu-i vor crește vreodată aripi de înger dacă procesele embrionare ale mamiferelor nu predispun la o asemenea transformare.

Câtă vreme nu cunoaștem toate detaliile dezvoltării embrionare, nu putem stabili cât de probabil e ca anumite mutații imaginabile să fi avut sau nu loc vreodată. S-ar putea dovedi, de pildă, că nu există nimic în embriologia mamiferelor care să interzică aripile de înger și că, în acest caz *particular*, avea dreptate caricatura darwinistului când spunea că mugurii aripilor de înger au apărut, dar nu au fost favorizați de selecție. La fel de bine s-ar putea dovedi și că e imposibil să apară aripi de înger, iar de aceea selecția n-a avut niciodată ocazia să le favorizeze. Mai există și o a treia posibilitate: embriologia n-a acordat niciodată vreo șansă aripilor de înger, iar selecția naturală nu le-ar favoriza niciodată. Ceea ce trebuie să subliniem însă e faptul că nu ne putem permite să ignorăm constrângerile pe care embriologia le impune evoluției. Orice darwinist serios e de acord cu acest lucru, deși unii susțin că darwiniștii îl neagă. Se dovedește că aceia care vorbesc despre „constrângerile dezvoltării" ca despre o presupusă forță antidarwinistă confundă darwinismul cu caricatura pe care am parodiat-o mai sus.

Toate acestea au pornit de la discuția legată de ce anume înțelegem atunci când spunem că mutația e „aleatoare". Am enumerat trei privințe în care mutația nu e aleatoare: este indusă de razele X etc.; ratele mutației sunt diferite pentru gene diferite; ratele mutației într-un sens nu sunt egale cu ratele mutației în sens invers.

La acestea am adăugat o a patra privință în care mutația nu e aleatoare. Mutația nu e aleatoare în sensul că nu poate produce modificări decât asupra proceselor de dezvoltare embrionară *existente*. Ea nu poate produce în chip magic orice transformare imaginabilă pe care selecția ar favoriza-o. Variația disponibilă pentru selecție e supusă constrângerilor proceselor embrionare, așa cum sunt ele în realitate.

Există și o a cincea privință în care mutația *ar putea* fi nealeatoare. Ne putem (doar) imagina o formă de mutație care a fost sistematic orientată în direcția îmbunătățirii capacității de adaptare a animalului la condițiile sale de viață. Dar, deși ne-o putem imagina, nimeni nu a propus vreodată o cale prin care această tendință ar putea să apară. Doar în acest al cincilea sens, cel „mutaționist", darwinistul real, darwinistul veritabil susține că mutația e aleatoare. Mutația nu e sistematic orientată în direcția îmbunătățirii adaptative și nu se cunoaște (ca să nu spunem mai mult) nici un mecanism care ar putea orienta mutația în direcții nealeatoare în acest al cincilea sens. Mutația e aleatoare în privința avantajului adaptativ, deși e nealeatoare în multe alte privințe. Selecția și numai selecția e cea care conduce evoluția în direcțiile care sunt nealeatoare în privința avantajului. Mutaționismul nu e doar fals. De fapt, el n-ar putea să fie niciodată corect. În principiu, e incapabil să explice evoluția îmbunătățirii. La fel ca lamarckismul, mutaționismul nu e un rival al darwinismului ce s-a dovedit fals. În realitate, nu e nici măcar un rival.

Același lucru e valabil pentru următorul pretins rival al selecției darwiniste, susținut de geneticianul Gabriel Dover de la Cambridge și purtând numele de „derivă moleculară" (din moment ce totul e alcătuit din molecule, nu mi-e clar de ce ipoteticul proces al lui Dover merită numele de derivă *moleculară* mai mult decât orice alt proces evolutiv; asta îmi aduce aminte de o cunoștință care suferea de hiperaciditate gastrică și se trata prin autosugestie). După cum am văzut, Motoo Kimura și alți partizani ai teoriei neutraliste a evoluției nu lansează afirmații false în privința teoriei lor. Ei nu-și fac iluzii că deriva aleatoare ar fi un rival al selecției naturale în

explicarea evoluției adaptative. Ei recunosc că numai selecția naturală poate călăuzi evoluția în direcții adaptative. Ei afirmă pur și simplu că o mare parte din transformarea evolutivă (așa cum e ea privită de un genetician) nu e adaptativă. Dover nu se mulțumește cu asemenea afirmații modeste. El crede că poate explica *întreaga* evoluție fără selecția naturală, deși acceptă cu generozitate ideea că și în selecția naturală ar putea exista *o doză* de adevăr!

De-a lungul acestei cărți, când am întâlnit asemenea probleme, am apelat în primul rând la exemplul ochiului, dar el e desigur reprezentativ pentru o mulțime mai vastă de organe prea complexe și bine proiectate pentru a apărea din pură întâmplare. După cum am arătat în repetate rânduri, doar selecția naturală se apropie de o explicație plauzibilă pentru ochiul uman și alte organe comparabile de mare finețe și complexitate. Din fericire, Dover a răspuns direct provocării și a oferit o explicație proprie privind evoluția ochiului. Să presupunem, spune el, că e nevoie de 1 000 de pași evolutivi pentru a ajunge la ochi pornind de la nimic. Asta înseamnă că e necesar un șir de 1 000 de modificări genetice pentru a transforma o simplă bucată de piele într-un ochi. De dragul discuției, accept această presupunere. În termenii Țării Biomorfelor, animalul care nu are decât piele se află la o distanță de 1000 de pași genetici de animalul cu ochi.

Cum putem însă explica faptul că au fost făcuți exact acei 1 000 de pași corecți pentru a se ajunge la ochi așa cum îl cunoaștem? Explicația selecției naturale e bine cunoscută. Simplu spus, la fiecare dintre cei 1 000 de pași, mutația a oferit un număr de alternative, din care doar una a fost favorizată pentru că ajuta la supraviețuire. Cei 1 000 de pași ai evoluției reprezintă 1 000 de puncte succesive de alegere, iar în fiecare punct majoritatea alternativelor au dus la moarte. Complexitatea adaptativă a ochiului de azi e rezultatul final al celor 1 000 de „alegeri" inconștiente reușite. Specia a urmat un anume drum prin labirintul tuturor posibilităților. Au existat 1 000 de puncte de ramificație de-a lungul drumului, iar la fiecare dintre ele supraviețuitorii au fost aceia care s-a întâmplat să urmeze calea ce ducea spre îmbunătățirea vederii. Pe marginea

drumului se află nenumărate cadavre ale acelora care au apucat-o pe drumul greșit în fiecare dintre cele 1 000 de puncte de alegere. Ochiul pe care îl cunoaștem e rezultatul final al unui șir de 1 000 de „alegeri" selective reușite.

Aceasta e explicația (mai bine zis una din formele ei) pentru evoluția ochiului în 1 000 de pași dată de selecția naturală. Care e explicația lui Dover? În esență, el susține că n-a contat ce alegeri a făcut filiația la fiecare pas: ea ar fi găsit până la urmă o utilizare pentru organul rezultat. După el, fiecare pas făcut de filiație a fost un pas aleator. La Pasul 1, de pildă, o mutație aleatoare s-a răspândit în cadrul speciei. Din moment ce noua caracteristică apărută era funcțional aleatoare, ea nu a ajutat la supraviețuirea animalului. Așa că specia a căutat un nou loc sau un nou mod de viață în care să folosească această trăsătură aleatoare care a fost impusă corpurilor reprezentanților ei. Odată ce au găsit un mediu potrivit părții aleatoare a corpurilor lor, ei au trăit acolo o vreme, până când o nouă mutație aleatoare a apărut și s-a răspândit în cadrul speciei. Acum specia trebuia să caute un nou loc sau un nou mod de viață potrivit cu noul fragment aleator. Odată ce l-a găsit, Pasul 2 s-a încheiat. Acum mutația aleatoare din Pasul 3 s-a răspândit în cadrul speciei și tot așa pentru 1 000 de pași, la capătul cărora apare ochiul așa cum îl cunoaștem. Dover subliniază faptul că ochiul uman se întâmplă să folosească ceea ce numim lumină „vizibilă", și nu radiația infraroșie. Dar, dacă s-ar fi întâmplat ca procesele aleatoare să ne impună un ochi sensibil la infraroșu, l-am fi folosit fără îndoială la maximum și am fi găsit un mod de viață care să exploateze din plin radiația infraroșie.

La prima vedere această idee are o anume plauzibilitate seducătoare, dar numai dacă nu ești atent. Caracterul seducător e dat de modul simetric în care selecția naturală e răsturnată. Selecția naturală, în forma ei cea mai simplă, presupune că mediul e impus speciilor și că variantele genetice cel mai bine adaptate mediului supraviețuiesc. Mediul e impus, iar speciile evoluează pentru a i se adapta. Teoria lui Dover răstoarnă lucrurile. Natura speciilor e cea care este „impusă", în acest caz prin vicisitudinile mutației și

ale altor forțe genetice interne pentru care Dover manifestă un interes aparte. Specia identifică apoi acel membru al mulțimii tuturor mediilor care se potrivește cel mai bine naturii sale impuse.

Dar caracterul seducător al simetriei e într-adevăr superficial. Fantasmagoria lui Dover apare în toată splendoarea ei atunci când începem să ne gândim la cifre. Esențial în schema lui e faptul că la nici unul din cei 1 000 de pași nu contează în ce direcție se îndreaptă specia. Fiecare nouă inovație cu care vine specia e funcțional aleatoare, iar apoi specia găsește un mediu care să se potrivească inovației. De aici rezultă că specia *ar fi găsit* un mediu potrivit indiferent de ramura pe care ar fi urmat-o la fiecare ramificare din drum. Să ne gândim câte medii ar trebui să postulăm că avem la dispoziție în acest caz. Avem 1 000 de puncte de ramificare. Dacă fiecare punct de ramificare e doar o bifurcare (nu avem 3 sau 18 variante, ceea ce reprezintă o subevaluare), numărul total de medii locuibile care trebuie în principiu să existe pentru ca schema lui Dover să funcționeze este 2 la puterea 1 000 (prima bifurcare dă două drumuri, apoi fiecare se bifurcă dând patru drumuri, apoi numărul drumurilor ajunge la 8, 16, 32, 64... până la $2^{1\,000}$). Acest număr poate fi scris ca un 1 urmat de 301 zerouri. E incomparabil mai mare decât numărul total al atomilor din întregul univers.

Pretinsul rival al selecției naturale susținut de Dover nu ar putea funcționa nu numai într-un milion de ani, dar nici într-un timp de un milion de ori mai mare decât vârsta universului, și nici într-un milion de universuri pentru un timp de încă un milion de ori mai lung. Observați că această concluzie nu se schimbă prea mult dacă modificăm presupunerea inițială a lui Dover că 1 000 de pași sunt necesari pentru a obține un ochi. Dacă luăm în considerare 100 de pași, ceea ce e probabil o subestimare, rezultă că numărul mediilor locuibile care așteaptă la coadă ca să se potrivească cu orice pași aleatori ar putea face filiația este mai mare decât un milion de milioane de milioane de milioane de milioane. E un număr mai mic decât precedentul, și totuși marea majoritate a „mediilor" lui Dover care așteaptă la rând ar trebui să fie constituite din mai puțin de un atom.

Se cuvine să arătăm de ce teoria selecției naturale nu poate fi demolată de un raționament similar legat de numerele mari. În capitolul 3 am văzut că toate animalele reale și imaginabile se află într-un hiperspațiu gigantic. Aici facem un lucru asemănător, dar considerăm doar bifurcații, și nu ramificări în 18 căi. Astfel, mulțimea tuturor animalelor posibile care ar fi apărut în 1 000 de pași evolutivi e cocoțată într-un arbore gigantic ale cărui ramuri se bifurcă așa încât numărul final al crengilor să fie 1 urmat de 301 zerouri. Orice istorie evolutivă poate fi reprezentată ca un anume drum prin acest arbore ipotetic. Din toate drumurile evolutive imaginabile, doar o minoritate au fost străbătute în realitate. Putem să ne gândim că cea mai mare parte a acestui „arbore al tuturor animalelor posibile" e ascunsă în bezna inexistenței. Ici-colo sunt luminate câteva traiectorii prin întuneric. Acestea sunt drumurile evolutive care au fost într-adevăr străbătute și reprezintă o minoritate infimă față de mulțimea tuturor ramurilor. Selecția naturală e procesul care poate să-și aleagă calea prin arborele tuturor animalelor imaginabile și să găsească acea minoritate de drumuri care sunt viabile. Teoria selecției naturale nu poate fi atacată cu acel gen de raționament privind numerele mari pe care l-am folosit pentru a ataca teoria lui Dover, fiindcă ea elimină neîncetat majoritatea ramurilor arborelui. Ea își alege calea, pas cu pas, prin arborele tuturor animalelor imaginabile evitând imensa majoritate a ramurilor sterile – animale cu ochi în tălpi etc. – pe care teoria lui Dover e obligată, prin natura logicii ei răsturnate, să le accepte.

Ne-am ocupat de toate pretinsele alternative la teoria selecției naturale, cu excepția uneia singure, cea mai veche. Aceasta e teoria după care viața a fost creată, sau evoluția ei a fost inițiată, de un proiectant conștient. Ar fi prea ușor să demolezi o versiune anume a acestei teorii, cum e cea din Geneză (dacă nu cumva acolo sunt două versiuni). Aproape toate popoarele și-au născocit propriul lor mit al creației, iar povestea Genezei e doar aceea care s-a întâmplat să fie adoptată de un anume trib de păstori din Orientul Mijlociu. Nu are un statut privilegiat în raport cu credința unui trib din Africa de Vest cum că lumea a fost creată din excrementele

furnicilor. Toate aceste mituri au în comun faptul că se bazează pe intenţiile deliberate ale unei fiinţe supranaturale.

La prima vedere e o deosebire importantă între ceea ce s-ar putea numi „creaţie instantanee" şi „evoluţie ghidată". Teologii moderni ceva mai rafinaţi au încetat să mai creadă în creaţia instantanee. Dovezile în favoarea evoluţiei au devenît copleşitoare. Totuşi, mulţi teologi care se autointitulează evoluţionişti, de pildă episcopul de Birmingham citat în capitolul 2, îl introduc pe Dumnezeu pe uşa din dos: ei îi acordă un fel de rol de supraveghetor al cursului evoluţiei, fie influenţând momentele-cheie din istoria evoluţiei (evident, mai cu seamă istoria evoluţiei *omului*), fie chiar amestecându-se mai activ în evenimentele vieţii de zi cu zi din care rezultă transformarea evolutivă.

Nu putem infirma asemenea credinţe, mai ales dacă se presupune că Dumnezeu are grijă ca intervenţiile sale să imite îndeaproape ceea ce ne-am aştepta să facă selecţia naturală. Tot ce putem spune despre asemenea credinţe este în primul rând că ele sunt superflue, iar în al doilea rând că ele *presupun* existenţa principalului lucru pe care vrem să-l *explicăm*, şi anume complexitatea organizată. Evoluţia e o teorie atât de elegantă şi de puternică tocmai pentru că explică felul în care complexitatea organizată poate apărea din simplitatea primordială.

Dacă vrem să postulăm o divinitate în stare să proiecteze şi să făurească întreaga complexitate organizată a lumii, divinitatea trebuie să fie de la bun început extrem de complexă. Creaţionistul, fie că e un naiv predicator al Bibliei, fie că e un episcop instruit, pur şi simplu *postulează* existenţa unei fiinţe de o extraordinară inteligenţă şi complexitate. Dacă ne permitem luxul să postulăm complexitatea organizată fără să oferim vreo explicaţie, putem la fel de bine să postulăm existenţa vieţii aşa cum o cunoaştem! Pe scurt, creaţia divină, fie instantanee, fie sub forma evoluţiei ghidate, se adaugă la lista celorlalte teorii despre care am vorbit în acest capitol. Toate par la o privire superficială alternative la darwinism, a cărui validitate poate fi testată făcând apel la dovezi. La o analiză mai atentă se dovedeşte că nici una din ele nu e de fapt un rival

al darwinismului. Teoria evoluției prin selecție naturală cumulativă e singura teorie cunoscută care *poate* în principiu explica existența complexității organizate. Chiardacă n-ar exista dovezi în favoarea lui, *tot* ar fi cea mai bună teorie de care dispunem! În realitate, există dovezi în favoarea lui. Iar asta e o altă poveste.

E momentul să tragem concluziile. Probabilitatea vieții este extrem de mică. Așadar, viațanu poate fi explicată prin șansă. Adevărata explicație pentru existența vieții trebuie să încorporeze exact opusul șansei. Contrarulșansei este supraviețuirea nealeatoare înțeleasă corect. Dacă nu e corect înțeleasă, supraviețuirea nealeatoare nu e contrarul șansei, ci șansa însăși. Există un spectru continuu care leagă aceste două extreme – selecția dintr-un singur pas și selecția cumulativă. Selecția dintr-un singur pas e de fapt șansa pură. Asta este ceea ce înțeleg prin selecție nealeatoare greșit înțeleasă. *Selecția cumulativă*, lentă și treptată, este explicația, singura explicație valabilă din câte au fost oferite vreodată, pentru existența proiectului complex al vieții.

Întreaga carte a fost domirată de ideea de șansă, de improbabilitatea astronomică pentru apariția spontană a ordinii, complexității și proiectului vădit. Am căutat o cale de a îmblânzi șansa, de a-i scoate veninul din colți. „Șansa neîmblânzită", norocul chior, înseamnă un proiect ordonat care apare din nimic, într-un singur salt. Ar fi o șansă neîmblânzită dacă acolo unde n-a existat vreun ochi ar apărea brusc, într-o singură generație, un ochi desăvârșit funcționând perfect. Acest lucru e posibil, dar probabilitatea lui e atât de mică, încât, dacă am pune-o pe hârtie, ar trebui să scriem zerouri după virgula zecimală până la sfârșitul timpului. Același lucru e valabil pentru probabilitatea apariției spontane a oricăror ființe desăvârșit întocmite, între care – nu văd cum aș putea evita această concluzie – și divinitățile.

A „îmblânzi" șansa înseamnă a descompune ceea ce este extrem de improbabil în componente mai puțin improbabile aranjate într-un șir. Oricât de improbabil ar fi ca X să apară din Y într-un singur pas, e mereu posibil să concepem o serie de intermediari aflați la distanțe infinitezimale între X și Y. Oricât de improbabilă

ar fi o transformare la scară mare, transformările mai mici sunt mai puțin improbabile. Presupunând că postulăm o serie suficient de mare de intermediari despărțiți prin distanțe suficient de mici, putem obține un lucru din altul fără să avem de-a face cu improbabilități astronomice. Suntem îndreptățiți s-o facem doar dacă avem la dispoziție suficient timp pentru întreaga serie de intermediari și doar dacă există un mecanism pentru călăuzirea fiecărui pas într-o anume direcție, altminteri șirul de pași nu va fi decât o nesfârșită hoinăreală aleatoare.

Din perspectivă darwinistă, cele două condiții sunt îndeplinite, iar selecția naturală lentă, treptată și cumulativă este explicația ultimă a existenței noastre. Dacă există versiuni ale teoriei evoluției care neagă caracterul treptat și rolul fundamental al selecției naturale, ele s-ar putea dovedi corecte în anume cazuri particulare. Dar ele nu pot fi întregul adevăr, căci ele neagă esența teoriei evoluției, cea care îi dă puterea de a dizolva improbabilitățile astronomice și de a explica stranietatea unui miracol aparent.

ANEXĂ

Programele de calculator și „evoluția capacității de evoluție"

Programul biomorfelor prezentat în capitolul 3 e disponibil acum pentru calculatoarele Apple Macintosh, RM Nimbus și IBM.* Toate cele trei programe au cele nouă „gene" de bază necesare pentru a produce biomorfele ilustrate în capitolul 3 și bilioane de altele asemănătoare – sau mai puțin asemănătoare. Versiunea Macintosh a programului posedă în plus o serie de gene suplimentare ce produc biomorfe „segmentate" (cu „gradiente" de segmentare) și imagini biomorfice reflectate în diferite planuri de simetrie. Această sporire a cromozomului biomorfic, împreună cu o nouă versiune color a programului pentru Macintosh II, m-au îndemnat să meditez la „evoluția capacității de evoluție". Noua ediție a *Ceasornicarului orb* îmi dă prilejul de a împărtăși unele din aceste gânduri.

Selecția naturală poate acționa numai în domeniul de variații pus la dispoziție de mutații. Se spune despre mutație că e „aleatoare", dar asta nu înseamnă decât că nu e îndreptată sistematic către îmbunătățire. Este o submulțime evident nealeatoare a tuturor variațiilor pe care le putem concepe. Mutația trebuie să acționeze prin modificarea proceselor embriologiei existente. Nu poți obține prin mutație un elefant dacă embriologia existentă e embriologia caracatiței. E un lucru evident. Ceea ce era însă mai puțin evident pentru mine înainte să încep să mă joc cu versiunea perfecționată a programului „Ceasornicarul orb" era faptul că nu toate embriologiile sunt la fel de „fertile" când e vorba de stimularea evoluției viitoare.

Închipuiți-vă că un spațiu larg de posibilități evolutive se deschide brusc – de pildă un întreg continent pustiu devine brusc disponibil printr-o catastrofă naturală. Ce fel de animale vor umple golul evolutiv? Ele trebuie să fie fără îndoială descendenții indivizilor care au supraviețuit cu bine în condițiile de după catastrofă. Dar, lucru și mai interesant, unele tipuri de embriologie s-ar putea dovedi deosebit de bune nu numai pentru a supraviețui, ci și pentru a *evolua*. Poate că motivul pentru care mamiferele au stăpânit

* Această anexă a fost scrisă de Dawkins în 1991. O versiune mai recentă a programului „Blind Watchmaker" se poate găsi pe Internet. (*N. red.*)

lumea după dispariţia dinozaurilor nu e doar acela că ele au reuşit individual să *supravieţuiască* bine în epoca de după dinozauri. S-ar putea ca felul în care mamiferele fac să se dezvolte un corp nou să fie de asemenea „bun" pentru crearea unei mari diversităţi de tipuri – carnivore, ierbivore, mâncătoare de furnici, cătărătoare în copaci, săpătoare de vizuini, înotătoare etc. –, iar astfel mamiferele să fie „bune" pentru a evolua.

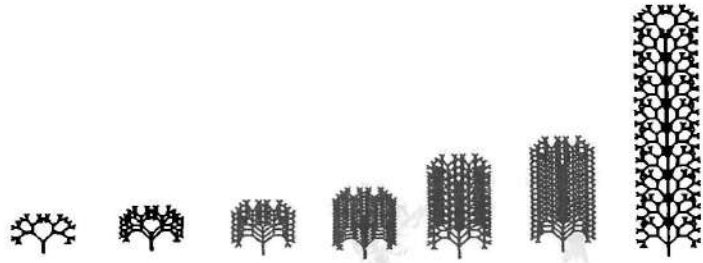
Care e legătura cu biomorfele din calculator? La puţin timp după elaborarea programului „Ceasornicarul orb", am încercat şi alte programe de calculator care erau identice, cu excepţia faptului că foloseau o altă embriologie de bază – o altă regulă fundamentală de desenare a corpurilor asupra cărora să acţioneze mutaţia şi selecţia. Deşi semănau la prima vedere cu „Ceasornicarul orb", aceste programe s-au dovedit sărace în posibilităţile evolutive pe care le ofereau. Evoluţia se împotmolea mereu în fundături. Degenerarea părea rezultatul cel mai frecvent, chiar dacă evoluţia era atent călăuzită. Dimpotrivă, embriologia ramificării care stă la baza programului „Ceasornicarul orb" părea să aibă mereu noi resurse evolutive; nu exista tendinţa către degenerarea automată pe măsură ce evoluţia înainta – bogăţia, complexitatea, ba chiar şi frumuseţea păreau reîmprospătate la nesfârşit cu trecerea generaţiilor.

Dar, deşi fauna biomorfă generată de programul iniţial „Ceasornicarul orb" era prolifică şi variată, mă loveam mereu de bariere când încercam să împing mai departe evoluţia. Dacă embriologia „Ceasornicarului orb" era superioară evolutiv faţă de embriologiile programelor alternative, nu existau oare modificări, extensii ale regulii embriologice de desenare care să facă aşa încât „Ceasornicarul orb" să devină încă mai bogat în diversitatea sa evolutivă? Sau – altfel spus – putea fi oare extins în direcţii fertile cromozomul fundamental cu cele nouă gene?

Când am creat programul iniţial „Ceasornicarul orb" am încercat să nu fac apel la cunoştinţele mele de biologie. Scopul meu era să pun în evidenţă puterea selecţiei ncaleatoare asupra variaţiei aleatoare. Am vrut ca biologia, proiectul, frumuseţea să *apară* ca rezultat al selecţiei. Nu am vrut să le includ în program de la bun început. Embriologia ramificării din „Ceasornicarul orb" a fost prima embriologie pe care am încercat-o. Faptul că am avut noroc mi-a devenit limpede abia mai târziu, când am fost dezamăgit de embriologiile alternative. În orice caz, când m-am gândit cum să dezvolt „cromozomul" de bază, mi-am permis luxul de a mă folosi de unele din cunoştinţele mele de biologie şi de intuiţie. Printre grupurile de animale cu cel mai mare succes evolutiv se află acelea care au o structură a corpului *segmentată*. Iar printre trăsăturile fundamentale ale structurilor corpurilor de animale se numără planurile lor de *simetrie*. Prin urmare, noile gene pe care le-am adăugat cromozomului biomorfic controlau variaţiile segmentării şi ale simetriei.

Noi, la fel ca toate vertebratele, suntem segmentaţi. Acest lucru se vede clar la coastele noastre şi la coloanele noastre vertebrale, a căror natură repetitivă e manifestă nu numai la nivelul oaselor, ci şi la acela al musculaturii asociate, al nervilor şi al vaselor de sânge. Chiar şi capetele noastre sunt în mod fundamental segmentate, dar structura segmentată a unui cap de adult nu poate fi sesizată decât de specialiştii în anatomia embrionului. La peşti segmentarea e mai vizibilă decât la noi (gândiţi-vă la grupul de muşchi situaţi de-a lungul coloanei vertebrale a unui hering). La crustacee, insecte şi miriapode segmentarea e manifestă şi în exterior. Diferenţa, în privinţa asta, între un miriapod şi un homar ţine de omogenitate. Miriapodul e ca un tren marfar lung ale cărui vagoane sunt aproape identice. Homarul e ca un tren format din vagoane diferite, în esenţă toate la fel şi cu apendice articulate asemănătoare care leagă vagoanele între ele. În unele cazuri însă, vagoanele sunt sudate laolaltă în grupuri, iar apendicele au devenit picioare sau cleşti. În regiunea cozii vagoanele sunt mai mici şi mai uniforme, iar cleştii laterali au scăzut în dimensiuni şi au devenit „înotătoare".

Pentru a obţine biomorfe segmentate am făcut următorul lucru: am inventat o genă nouă care controlează „Numărul de segmente" şi o alta care controlează „Distanţa dintre segmente". O biomorfă de „stil vechi" a devenit un singur segment dintr-o biomorfă de „stil nou".



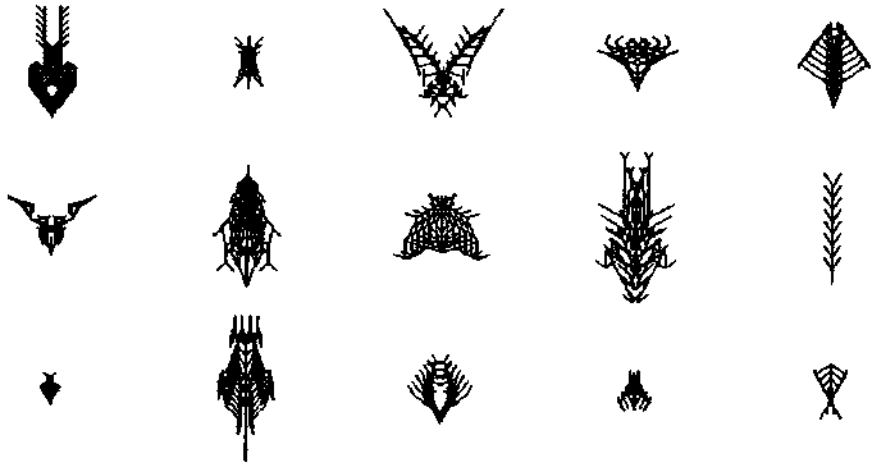
Am reprezentat mai sus şapte biomorfe care diferă numai prin gena „Numărul de segmente" sau prin gena „Distanţa dintre segmente". Biomorfa din extrema stângă e vechiul arbore ramificat, iar celelalte sunt doar serii repetitive ale aceluiaşi arbore de bază. Arborele simplu, ca toate biomorfele din programul iniţial „Ceasornicarul orb", e cazul particular al unui „animal cu un segment".

Până acum am vorbit numai despre segmentarea uniformă de tip miriapod. Segmentele homarului diferă între ele într-un mod complicat. Un mod mai simplu în care segmentele pot diferi este prin intermediul „gradienţilor".

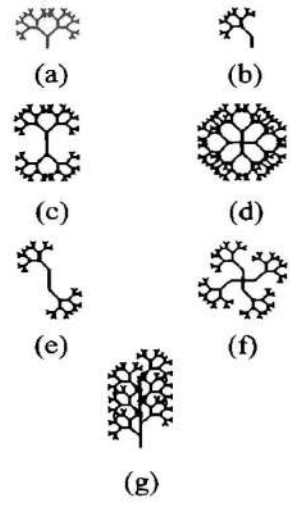
Segmentele unui păduche de lemn seamănă mai mult între ele decât cele ale homarului, dar nu sunt atât de uniforme ca ale unui miriapod tipic (de fapt, unii aşa-zişi „păduchi" sunt, tehnic vorbind, miriapode). Păduchele de lemn e îngust în faţă şi în spate şi se lărgeşte la mijloc. Pe măsură ce te deplasezi din faţă spre capătul trenului, segmentele au un *gradient* de dimensiune care îşi atinge valoarea maximă la mijloc. Alte animale segmentate, precum trilobiţii dispăruţi, sunt mai late în faţă şi mai înguste în spate. Ele au un gradient de dimensiune mai simplu, care are valoarea maximă la un capăt. M-am gândit să imit acest tip mai simplu de gradient la biomorfele mele segmentate. Am făcut-o adăugând un număr constant (care putea fi şi negativ) la *valoarea* exprimată a unei anumite gene, începând din faţă şi mergând spre spate. La următoarele trei biomorfe, cea din stânga nu are gradient, cea din mijloc are un gradient la Gena 1, iar cea din dreapta la Gena 4.



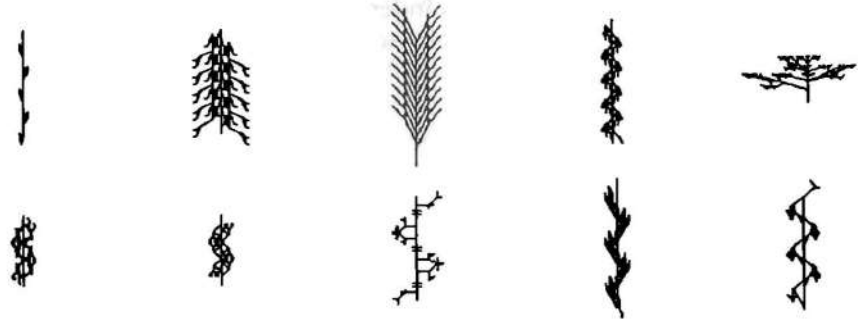
Extinzând cromozomul biomorfic fundamental cu aceste două gene şi cu genele asociate gradientului, am introdus în calculator această nouă embriologie biomorfică şi am observat ce se obţine prin evoluţie. Comparaţi următoarele desene cu figura 5 din capitolul 3, în care toate biomorfele sunt nesegmentate.



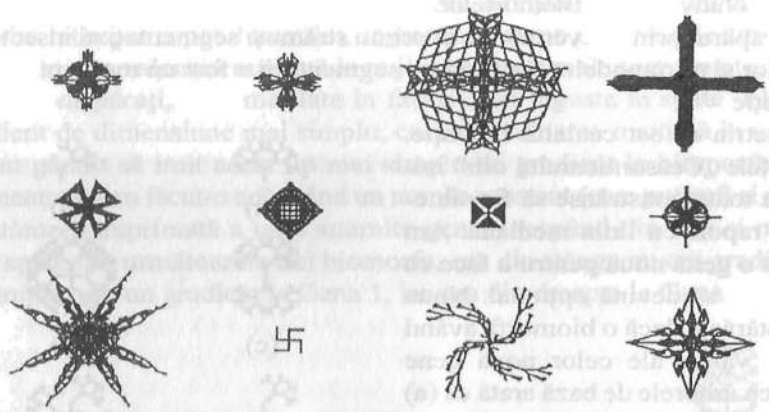
Cred că sunteți de acord că am obținut în felul acesta un spectru de fertilitate evolutivă mai „interesant din punct de vedere biologic". „Inventarea" segmentării, ca o nouă „cucerire" a embriologiei, a dat frâu liber potențialului evolutiv în Țara Biomorfelor. Bănuiesc că ceva asemănător s-a petrecut când au apărut primele vertebrate și primii strămoși segmentați ai insectelor, homarilor și miriapodelor. Inventarea segmentării a fost un moment crucial în evoluție.



Simetria a fost cealaltă inovație. Biomorfele „Ceasornicarului orb" inițial erau toate constrânse să fie simetrice în raport cu linia mediană. Am introdus o genă nouă pentru a face ca acest lucru să devină opțional. Noua genă hotărăște dacă o biomorfă având aceleași valori ale celor nouă gene inițiale cu arborele de bază arată ca (a) sau ca (b). Alte gene determină dacă există o reflecție simetrică sus-jos (c) sau o simetrie de ordinul patru (d). Aceste noi gene pot varia în toate combinațiile, după cum se vede în (e) și (f). Când animalele segmentate sunt asimetrice în raport cu linia mediană, am introdus o constrângere inspirată din botanică: segmentele alternative trebuie să fie asimetrice în direcții opuse, după cum se vede în (g). Înarmat cu aceste gene suplimentare, am lansat programul pentru a vedea dacă noua embriologie poate stimula o evoluție mai exuberantă decât cea veche. Iată câteva exemple de biomorfe segmentate cu asimetrie mediană:



Iată şi câteva biomorfe cu simetrie radială, a căror segmentare, dacă există vreuna, e la fel de ascunsă ca aceea a unui cap de adult uman:

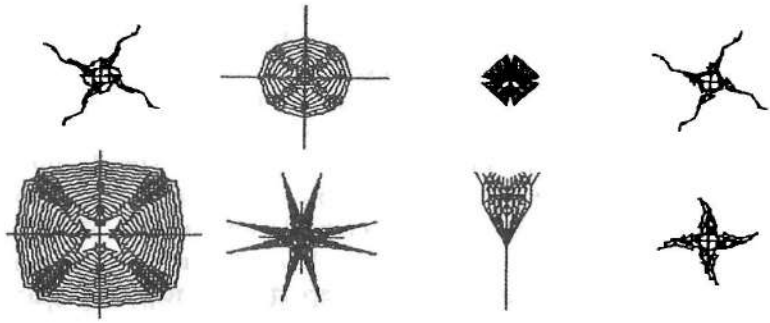


Gena pentru simetrie radială totală îl tentează pe cel care face selecţia să producă mai curând forme abstracte plăcute ochiului decât desene biologic realiste, cum sunt cele pe care le-am prezentat anterior. Tentaţia e şi mai puternică la versiunea color a programului pe care o elaborez în prezent.

Există un grup de animale, echinodermele (steaua de mare, ariciul de mare etc.), care prezintă extrem de rara simetrie de ordinul cinci.* Sunt convins că, oricât m-aş strădui, nu voi face niciodată să apară simetria de ordinul cinci din embriologia existentă, prin mutaţii aleatoare. Aceasta ar necesita o nouă inovaţie „crucială" în embriologia biomorfelor, lucru pe care nu mi l-am propus. În natură apar însă uneori exemplare ciudate de stele de mare şi arici de mare cu patru sau şase braţe, în locul celor cinci braţe obişnuite. Pe când exploram Ţara Biomorfelor am întâlnit forme aparent asemănătoare cu stelele de mare şi aricii de mare, care m-au îndemnat să le selectez în vederea unei asemănări şi mai mari. Iată câteva biomorfe asemănătoare echinodermelor, dar nici una nu are cinci braţe:

---

* Faptul că simetria de ordinul cinci este extrem de rar întâlnită în natură poate fi explicat intuitiv în modul următor: un plan poate fi acoperit cu o reţea de triunghiuri echilaterale, pătrate sau hexagoane regulate (figuri geometrice cu simetrii de ordinul trei, patru şi şase), dar nu şi cu o reţea de pentagoane regulate (cu simetrie de ordinul cinci). (*N. red.*)



Ca test final pentru fertilitatea noii mele embriologii biomorfice mi-am propus să „cresc" un alfabet biomorfic suficient de bun pentru a-mi scrie numele. De fiecare dată când am întâlnit o biomorfă care semăna cât de vag cu o literă din alfabet, am făcut-o să evolueze pentru a-i spori asemănarea. Rezultatul e oarecum încurajator. „I" şi „N" au ieşit aproape perfect. „A" şi „H" sunt acceptabile. „D" nu arată prea grozav, însă mi-a fost imposibil să obţin un „K" acceptabil – a trebuit sa trişez împrumutând bara verticală de la „W". Cred însă că, dacă aş mai fi adăugat o genă, aş fi obţinut un „K" plauzibil.



După tentativa cam stângace de a-mi scrie numele, am avut mai mult noroc când am încercat să fac să evolueze numele instrumentului pe care l-am folosit:



Am senzaţia, confirmată, sper, de aceste ilustraţii, că introducerea câtorva schimbări radicale în embriologia fundamentală a biomorfelor a deschis perspectiva unor noi posibilităţi evolutive care pur şi simplu nu existau în versiunea iniţială a programului prezentată în capitolul 3. După cum am spus mai sus, bănuiesc că ceva asemănător s-a întâmplat în diferite momente de răscruce din evoluţia unor grupuri importante de animale şi plante. Invenţia segmentării, survenită la strămoşii noştri şi, în mod separat, la strămoşii insectelor şi ai crustaceelor, e probabil doar unul dintre evenimentele „cruciale" din istoria evoluţiei noastre. Aceste evenimente cruciale sunt, cel puţin când

le privim retrospectiv, de un tip diferit față de transformările evolutive obișnuite. Primii noștri strămoși segmentați, precum și primii strămoși segmentați ai râmelor și ai insectelor, s-ar putea să nu se fi descurcat prea bine ca indivizi pentru a supraviețui – deși e evident că *au supraviețuit* ca indivizi, altminteri noi, descendenții lor, nu am fi existat. Cred că inventarea segmentării de către acești strămoși a fost mai importantă decât simpla îmbunătățire a unor tehnici de supraviețuire, cum sunt dinții mai ascuțiți și ochii mai ageri. Când segmentarea s-a adăugat la procedurile embrionare ale strămoșilor noștri, indiferent dacă animalele individuale au devenit sau nu mai „bune" pentru supraviețuire, filiațiile cărora le aparțineau au devenit brusc *mai „bune" pentru evoluție*.

Animalele actuale, noi, vertebratele, și toți tovarășii noștri de drum de pe această planetă moștenim genele unei linii neîntrerupte de strămoși care s-au dovedit „buni" pentru supraviețuirea individuală. Acesta e lucrul pe care am încercat să-l lămuresc în *Ceasornicarul orb*. Noi moștenim însă și procedurile embriologice ale filiațiilor strămoșilor noștri care au fost „bune" pentru *evoluție*. A existat un fel de selecție de ordin superior printre filiații, nu pentru capacitatea lor de a supraviețui, ci pentru capacitatea lor de a evolua pe termen lung. Purtăm în noi îmbunătățirile acumulate ale mai multor evenimente cruciale, dintre care inventarea segmentării e doar un exemplu. Nu numai corpurile și comportamentul au evoluat în direcția îmbunătățirii. Putem spune că evoluția însăși a evoluat. A existat o evoluție treptată a capacității de evoluție.

Versiunea Macintosh a programului „Ceasornicarul orb" are în meniu opțiuni pentru a declanșa sau elimina fiecare din principalele categorii de mutații. Dacă eliminăm toate noile tipuri de mutații ne întoarcem la versiunea inițială a programului (sau la versiunea IBM actuală). Urmăriți pentru o vreme evoluția în aceste condiții și veți vedea ceva din imensa diversitate a faunei generate de versiunea inițială a programului, dar vă veți lovi și de limitele sale. Dacă declanșați apoi, de pildă, mutațiile de segmentare sau de simetrie (ori dacă treceți de la IBM la Macintosh!), veți avea un sentiment de eliberare corespunzând, poate, celui mai important moment din evoluție.

Bibliografie

1. Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. şi Watson, J.D. (1983) *Molecular Biology of the Cell*. New York, Garland.
2. Anderson, D.M. (1981) „Role of the interfacial water and water in thin films in the origin of life". În J. Billingham (editor) *Life in the Universe*. Cambridge, Mass: MIT Press.
3. Andersson, M. (1982) „Female choice selects for extreme tail lengh in a widow bird". *Nature*, 299: 818–820.
4. Arnold, S. (1983) „Sexual selection: the interface of theory and empiricism". În P.P.G. Bateson (editor), *Mate Choice*, pp. 67–107. Cambridge: Cambridge University Press.
5. Asimov, I. (1957) *Only a Trillion*. Londra: Abelard-Schuman.
6. Asimov, I. (1980) *Extraterrestrial Civilizations*. Londra: Pan.
7. Asimov, I. (1981) *In the Beginning*. Londra: New English Library.
8. Atkins, P.W. (1981) *The Creation*. Oxford: W.H. Freeman.
9. Attenborough, D. (1980) *Life on Earth*. Londra: Reader's Digest, Collins & BBC.
10. Barker, E. (1985) „Let there be light: scientific creationism in the twentieth century". În J. R. Durrant (editor) *Darwinism and Divinity*, pp. 189-204. Oxford: Basil Blackwell.
11. Bowler, P.J. (1984) *Evolution: The History of an Idea*. Berkeley: University of California Press.
12. Bowles, K.L. (1977) *Problem-solving Using Pascal*. Berlin: Springer Verlag.
13. Cairns-Smith, A.G. (1982) *Genetic Takeover*. Cambridge: Cambridge University Press.
14. Cairns-Smith, A.G. (1985) *Seven Clues to the Origin of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.
15. Cavalli-Sforza, L. şi Feldman, N. (1981) *Cultural Transmision and Evolution*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
16. Cott, H.B. (1940) *Adaptive Coloration in Animals*. Londra: Methuen.
17. Crick, F. (1981) *Life Itself*. Londra: Macdonald.
18. Darwin, C. (1859) *The Origin of Species*. Reeditare. Londra: Penguin.

19. Darwkins, M.S. (1986) *Unravelling Animal Behaviour*. Londra: Longman.

20. Dawkins, R. (1976) *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press.

21. Dawkins, R. (1982) *The Extended Phenotype*. Oxford: Oxford University Press.

22. Dawkins, R. (1982) „Universal Darwinism". În D.S. Bendall (editor) *Evolution from Molecules to Men*, pp. 403–425. Cambridge: Cambridge University Press.

23. Dawkins, R. şi Krebs, J.R. „Arms races between and within species". *Proceedings of the Royal Society of London*, B, 205: 489–511.

24. Douglas, A.M. (1986) „Tigers in Western Australia". *New Scientist*, 110 (1505): 44–47.

25. Dover, G.A. (1984) „Improbable adaptations and Maynard Smith's dilemma". Manuscris nepublicat şi două conferinţe publice, Oxford, 1984.

26. Dyson, F. (1985) *Origins of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.

27. Eigen, M., Gardiner, W., Schuster, P. şi Winker-Ostwatitsch, R. (1981) „The origin of genetic information". Scientific American, 244 (4): 88–118.

28. Eisner, T. (1982) „Spray aiming in bombardier beetles: jet deflection by the Coander Effect". Science, 215: 83–85.

29. Eldredge, N. (1985) *Time Frames: The Rethinking of Darwinian Evolution and the Theory of Punctuated Equilibria*. New York: Simon & Schuster. (Conţine şi reeditarea articolului iniţial al lui Eldredge şi Gould.)

30. Eldredge, N. (1985) *Unfinished Synthesis: Biological Hierarchies and Modern Evolution Thought*. New York: Oxford University Press.

31. Fisher, R.A. (1930) *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford: Clarendon Press. Ediţia a doua – New York: Dover Publications.

32. Gillespie, N.C. (1979) *Charles Darwin and the Problem of Creation*. Chicago: University of Chicago Press.

33. Goldschmidt, R.B. (1945) „Mimetic polimorphism, a controversial chapter of Darwinism". *Quarterly Review of Biology*, 20: 147–164 şi 205–230.

34. Gould, S.J. (1980) *The Pandas' Thumb*. New York: W.W. Norton.

35. Gould, S.J. (1980) „Is a new and general theory of evolution emerging?". *Paleobiology*, 6: 119–130.

36. Gould, S.J. (1982) „The meaning of punctuated equilibrum, and its role in validating a hierachical approach to macroevolution". În R. Milkman (editor) *Perspectives on Evolution*, pp. 83–104. Sunderland, Mass: Sinauer.

37. Gribbin, J. şi Cherfas, J. (1982) *The Monkey Puzzle*. Londra: Bodley Head.

38. Griffin, D.R. (1958) *Listening in the Dark*. New Haven: Yale University Press.

39. Hallam, A. (1973) *A Revolution in the Earth Sciences*. Oxford: Oxford University Press.

40. Hamilton, W.D. şi Zuk, M. (1982) „Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites?". *Science*: 218: 384–387.

41. Hitching, F. (1982) *The Neck of the Giraffe, or Where Darwin Went Wrong*. Londra: Pan.

42. Ho, M-W şi Saunders, P. (1984) *Beyond Neo-Darwinism*. Londra: Academic Press.

43. Hoyle, F. şi Wickramasinghe, N.C. (1981) *Evolution from Space*. Londra: J.M. Dent.

44. Hull, D.L. (1973) *Darwin and his Critics*. Chicago: Chicago University Press.

45. Jacob, F. (1982) *The Possible and the Actual*. New York: Pantheon.

46. Jerison, H.J. (1985) „Issues in brain evolution". În R. Dawkins şi M. Ridley (editori) *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*, 2: 102–134.

47. Kimura, M. (1982) *The Neutral Theory of Molecular Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

48. Kitcher, P. (1983) *Abusing Science: The Case Against Creationism*. Milton Keynes: Open University Press.

49. Land, M.F. (1980) „Optics and vision in invertebrates". În H. Autrum (editor) *Handbook of Sensory Physiology*, pp. 471–592. Berlin: Springer Verlag.

50. Lande, R. (1980) „Sexual dimorphism, sexual selection, and adaptation in polygenic characters". *Evolution*, 34: 292–305.

51. Lande, R. (1981) „Models of speciation by sexual selection of polygenic traits". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 78: 3721–3725,

52. Leigh, E.G. (1977) „How does selection reconcile individual advantage with the good of the group?". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74: 4542–4546.

53. Lewontin, R.C. şi Levins, R. (1976) „The problem of Lysenkoism". În H. Rose şi S. Rose (editori) *The Radicalization of Science*. Londra: Macmillan.

54. Mackie, J.L. (1982) *The Miracle of Theism*. Oxford: Clarendon Press.

55. Margulis, L. (1981) *Symbiosis in Cell Evolution*. San Francisco: W.H. Freeman.

56. Maynard Smith, J. (1983) „Current controversies in evolutionary biology". În M. Grene (editor) *Dimensions of Darwinism*, pp. 273–286. Cambridge: Cambridge University Press.

57. Maynard Smith, J. (1986) *The Problems of Biology*. Oxford: Oxford University Press.

58. Maynard Smith, J. et al. (1985) „Developmental constraints and evolution". *Quarterly Review of Biology*, 60: 265–286.

59. Mayr, E. (1963) *Animal Species and Evolution*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

60. Mayr, E. (1969) *Principles of Systematic Zoology*. New York: McGraw-Hill.

61. Mayr, E. (1982) *The Growth of Biological Thought*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

62. Monod, J. (1972) *Chance and Necessity*. Londra: Fontana.

63. Montefiore, H. (1985) *The Probability of God*. Londra: SCM Press.

64. Morrison, P. , Morrison, P., Eames, C. şi Eames, R. (1982) *Powers of Ten*. New York: Scientific American.

65. Nagel, T. (1974) „What is like to be a bat?". *Philosophical Review*, retipărit în D.R. Hofstadter şi D.C. Dennett (editori) *The Mind's I*, pp. 291–303. Brighton: Harvester Press.

66. Nelkin, D. (1976) „The science textbook controversies". *Scientific American* 234 (4): 33–39.

67. Nelson, G. şi Platnick, N.I. (1984) „Systematics and evolution". În M.-W. Ho şi P. Saunders (editori), *Beyond Neo-Darwinism*. Londra: Academic Press.

68. O'Donald, P. (1983) „Sexual selection by female choice". În P.P.G. Bateson (editor) *Mate Choice*, pp. 53–66. Cambridge: Cambridge University Press.

69. Orgel, L.E. (1973) *The Origins of Life*. New York: Wiley.

70. Orgel, L.E. (1979) „Selection in vitro". *Proceedings of the Royal Society of London*, B, 205: 435–442.

71. Paley, W. (1828) *Natural Theology*, ediţia a doua. Oxford: J. Vincent.

72. Penney, D. Fouls, L.R. şi Hendy M.D. (1982) „Testing the theory of evolution by comparing phylogenetic trees constructed from five different protein sequences". *Nature*, 297: 197–200.

73. Ridley, M. (1982) „Coadaptation and the inadequacy of natural selection". *British Journal for the History of Science*, 15: 45–68.

74. Ridley, M. (1986) *The Problems of Evolution*. Oxford: Oxford University Press.

75. Ridley, M. (1986) *Evolution and Classification: The Reformation of Cladism*. Londra: Longman.

76. Ruse, M. (1982) *Darwinism Defended*. Londra: Addison-Wesley.

77. Sales, G. şi Pye, D. (1974) *Ultrasonic Communication by Animals*. Londra: Chapman & Hall.

78. Simpson, G.G. (1980) *Splendid Isolation*. New Haven: Yale University Press.

79. Singer, P. (1976) *Animal Liberation*. Londra: Cape.

80. Smith, J.L.B. (1956) *Old Fourlegs: The Story of the Coelacanth*. Londra: Longmans, Green.

81. Sneath, P.H.A. şi Sokal, R.R. (1973) *Numerical Taxonomy*. San Francisco: W.H. Freeman.

82. Spiegelman, S. (1967) „An *in vitro* analysis of a replicating molecule". American Scientist, 55: 63–68.

83. Strebbins, G.L. (1982) *Darwin to DNA, Molecules to Humanity*. San Francisco: W.H. Freeman.

84. Thompson, S.P. (1910) *Calculus Made Easy*. Londra: Macmillan.

85. Trivers, R.L. (1985) *Social Evolution*. Menlo Park: Benjamin-Cummings.

86. Turner, J.R.G. (1983) „The hypothesis that explains mimetic resemblance explains evolution: the gradualist-saltation schism". În M. Grene (editor) *Dimensions of Darwinism*, pp. 129–169. Cambridge: Cambridge University Press.

87. Van Valen, L. (1973) „A new evolutionary law". *Evolutionary Theory*, 1: 1–30.

88. Watson, J.D. (1976) *Molecular Biology of the Gene*. Menlo Park: Benjamin Cummings.

89. Williams, G.C. (1966) *Adaptation and Natural Selection*. New Jersey: Princeton University Press.

90. Wilson, E.O. (1971) *The Insect Societies*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

91. Wilson, E.O. (1984) *Biophilia*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

92. Young, J.Z. (1950) *The Life of Vertebrates*. Oxford: Clarendon Press.

Cuprins

Prefață 7

1. A explica improbabilul 13

2. Proiectul bun 35

3. Acumularea micilor transformări 61

4. Călătorie prin spațiul animal 99

5. Puterea și arhivele 140

6. Origini și miracole 173

7. Evoluția constructivă 208

8. Explozii și spirale 240

9. Salturi mari și salturi mici 272

10. Adevăratul și unicul arbore al vieții 309

11. Rivalii sortiți pieirii 346

Anexă: Programele de calculator și „evoluția capacității de evoluție" 385

Bibliografie 393

În colecția **Știință** au mai apărut

WERNER HEISENBERG

PARTEA ȘI ÎNTREGUL. DISCUȚII ÎN JURUL FIZICII ATOMICE

Anii '20 ai secolului trecut au transformat radical fizica și cunoașterea în genere odată cu apariția mecanicii cuantice. Concepte fundamentale, cu care știința și filozofia se obișnuiseră de veacuri, au fost fie abandonate, fie redefinite grație curajului intelectual al unui grup de tineri fizicieni (Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Erwin Schrödinger, Paul Dirac) dominat de figura lui Niels Bohr.

Partea și întregul nu e o simplă carte de memorii în care se aude numai vocea autorului. Ajuns la senectute, Werner Heisenberg folosește arta dialogului pentru a-și povesti devenirea spirituală: convorbirile cu marii săi contemporani sunt substanța cărții. Savant, gânditor, iubitor al muzicii și al naturii, Heisenberg se află în căutarea permanentă a plenitudinii, a ceea ce numește „marile conexiuni" care pot face lumea inteligibilă, dar mecanismul infernal al istoriei lasă omului un spațiu de acțiune prea îngust. Heisenberg explică dureroasele alegeri pe care a trebuit să le facă sub presiunea regimului nazist și reconstituie un timp în care știința și conștiința au fost atât de greu de împăcat.

JOHN D. BARROW

CARTEA INFINITULUI
SCURTĂ INTRODUCERE ÎN NEMĂRGINIT, ETERN ȘI NESFÂRȘIT

Infinitul e fără îndoială cea mai stranie idee pe care au avut-o vreodată oamenii. De unde provine și ce ne spune ea despre univers? Poate infinitul exista în realitate? Poți face un număr infinit de lucruri într-un timp finit? E oare universul infinit? Cum ar fi să trăim într-un univers în care nimic nu e original și în care tot ce poate fi făcut e într-adevăr făcut și refăcut la nesfârșit?

Acestea sunt câteva din întrebările spre care ne conduce ideea de infinit. De-a lungul istoriei, infinitul a fost un concept periculos – mulți și-au pierdut viața sau libertatea pentru că au vorbit despre el. *Cartea infinită* ne introduce în lumea răspunsurilor stranii date de fizicieni, matematicieni, filozofi și teologi în încercarea de a „domestici" o noțiune ce amenință judecata noastră sănătoasă.

SIMON SINGH

BIG BANG. ORIGINEA UNIVERSULUI

În 1992, satelitul COBE a trimis spre Pământ date legate de radiația cosmică de fond, iar acestea au fost transformate în imagini ce au făcut repede înconjurul lumii. Era cea mai veche mărturie privind universul nostru, „semnătura lui Dumnezeu", care scotea în evidență infime variații ale densității materiei din universul timpuriu - germenii galaxiilor și stelelor, în ultimă instanță semințele din care am apărut și noi. Această descoperire, considerată una dintre cele mai mari din toate timpurile, venea să certifice valabilitatea modelului big bang: universul nu e etern și imuabil, ci s-a născut dintr-o explozie și se află în expansiune.

În *Big bang*, Simon Singh scrie istoria ideilor și modelelor pe care ni le-am făurit despre univers, de la desprinderea științei de religie și mit până în prezentul cercetărilor prin sateliți. Copernic, Galilei, Einstein, Hubble, Gamow sau Hoyle sunt personajele unei povești pasionante la care participăm și cu mintea, și cu sufletul. Însă dincolo de povestire, admirabil construită, în cartea lui Singh găsim analiza fină a însești condiției cunoașterii științifice.

RICHARD P. FEYNMAN

ȘASE LECȚII UȘOARE
BAZELE FIZICII EXPLICATE DE CEL MAI STRĂLUCIT PROFESOR

La începutul anilor '60, la Institutul Tehnologic din California a avut loc probabil cel mai spectaculos eveniment din istoria învățământului de fizică: unul dintre marii fizicieni ai secolului XX, laureat al Premiului Nobel în 1965, a ținut un curs introductiv de fizică pentru studenții din primii ani. Cursul avea să fie tipărit în milioane de exemplare în lumea întreagă, căpătând o notorietate fără egal și devenind pentru generațiile de elevi și studenți care s-au succedat o superbă inițiere în studiul fizicii.

Fizicianul de la Caltech este Richard P. Feynman, cel ce a introdus diagramele care îi poartă numele și metoda integralei de drum, dar și un stil nonconformist, deopotrivă ludic și pătrunzător, de a face știință. De la spargerea seifurilor cu documente secrete (pe când lucra la proiectul bombei atomice, în timpul războiului) la contribuțiile sale cruciale în electrodinamica cuantică și de la cursurile ținute studenților începători la explicarea simplă a dezastrului navetei Challenger, tot ce a făcut Feynman poartă amprenta spiritului său sclipitor și surprinzător. În timp, a devenit, alături de Einstein, unul dintre cele mai puternice simboluri ale științei.

JOHN D. BARROW
ORIGINEA UNIVERSULUI

Ştiinţa nu cunoaşte întrebare mai profundă, mai stăruitoare şi mai fascinantă decât cea legată de felul în care au apărut timpul, spaţiul şi materia. John Barrow, unul dintre marii cosmologi ai zilelor noastre, ne călăuzeşte într-o călătorie spre începutul timpului, un univers în care temperaturile şi densităţile erau atât de mari, încât nu pot fi reconstituite în laborator. Alături de observaţiile astronomice şi sprijinindu-se pe ele, singura cale de abordare este cea a teoriilor speculative care fac apel deopotrivă la rigoare matematică şi fantezie. Suntem conduşi, sub imboldul detectivistic al lui Sherlock Holmes, spre modelele big bang-ului şi ale inflaţiei, spre lumi cu mai multe dimensiuni şi, în cele din urmă, spre concluzia că nu putem trăi decât într-un univers exact ca al nostru.

PAUL DAVIES

ULTIMELE TREI MINUTE
IPOTEZE PRIVIND SOARTA UNIVERSULUI

Pentru viitorul foarte îndepărtat al universului se întrevăd două scenarii: diluarea într-o infinită beznă pustie şi implozia catastrofală, inversul big bang-ului din care s-a născut totul. Vom pieri deci – nu noi, firește, ci urmaşii noştri care vor avea probabil puţine trăsături umane – fie prin îngheţ, fie prin ardere. La prima vedere, am fi tentaţi să spunem că universul e condamnat, iar odată cu el toate fiinţele. Această concluzie sumbră îşi găseşte în cartea lui Paul Davies un spectru larg de alternative şi nuanţări: poate că, deşi trăim într-o lume limitată în spaţiu şi timp, vom dăinui şi vom gândi nelimitat; poate că vom rezista la nesfârşit îngheţului hibernând tot mai mult; sau poate că universul însuşi nu e decât o parte dintr-o entitate mult mai vastă, iar urmaşii noştri vor putea crea alte universuri în care să evadeze. Oricum, nu e exclus ca, peste mii de miliarde de ani, soarta universului să depindă de fiinţele inteligente care îl vor popula. Departe de a dori să impună un final fericit, în *Ultimele trei minute* Paul Davies scrie povestea stranie şi tulburătoare a celui mai îndepărtat viitor imaginabil.

Fizician, cosmolog şi astrobiolog de frunte, Paul Davies a primit în 1995 prestigiosul Premiu Templeton pentru contribuţiile sale la reconcilierea ştiinţei cu religia.

STEVEN WEINBERG

VISUL UNEI TEORII FINALE
ÎN CĂUTAREA LEGILOR ULTIME ALE NATURII

„Lucrul cel mai uimitor despre univers este că poate fi cunoscut", spunea Einstein la începutul secolului XX, iar de atunci oamenii de știință s-au apropiat tot mai mult de înțelegerea tuturor fenomenelor fizice pornind de la un număr mic de principii fundamentale. Cercetările lor par să conveargă spre o teorie finală, un cadru unic care să descrie particulele și interacțiile din natură, punctul terminus al explicațiilor generate de stăruitoarea întrebare „de ce?". De un secol, eforturile fizicienilor au fost călăuzite în bună parte de judecăți estetice: o teorie profundă trebuie să aibă acea frumusețe greu de definit, dar ușor de recunoscut, care o face să corespundă realității. În ultimele trei decenii însă, în ciuda marii ingeniozități a teoreticienilor, cunoașterea a bătut pasul pe loc -- nu am avut la dispoziție un accelerator de particule suficient de puternic pentru a atinge acele energii la care experimentele să poată decide între diferitele variante ale teoreticienilor.

Steven Weinberg, laureat al Premiului Nobel, unul dintre cei mai mari savanți ai timpului nostru, anticipează în *Visul unei teorii finale* forma pe care această explicație ultimă a naturii ar putea s-o ia, pornind de la drumul parcurs până acum de cunoaștere. Scrisă pe înțelesul publicului larg, cartea încearcă să definească însăși ideea de teorie finală și sensul inevitabilei întrebări „de ce?".

BRIAN GREENE

UNIVERSUL ELEGANT
SUPERCORZI, DIMENSIUNI ASCUNSE ȘI CĂUTAREA TEORIEI ULTIME

Visul dintotdeauna al fizicienilor a fost găsirea unei teorii ultime care să explice toate fenomenele din univers într-un cadru unitar și elegant. Până de curând însă, microcosmosul (descris de mecanica cuantică) și macrocosmosul (descris de relativitatea generală) păreau imposibil de adus la un numitor comun. În ultimele decenii a apărut totuși un candidat redutabil la titlul de teorie ultimă: teoria corzilor. Ea presupune o regândire radicală a noțiunilor de spațiu, timp și particulă, și chiar a ideilor pe care se întemeiază cunoașterea științifică.
Universul elegant e prima carte în limba română care oferă o prezentare sistematică, limpede și intuitivă a teoriei corzilor. Brian Greene, el însuși fizician de vârf cu contribuții importante în domeniu, reușește aici marea performanță de a face accesibile publicului larg, fără nici o pregătire științifică, cercetări de ultimă oră și idei pe cât de abstracte, pe atât de tulburătoare ce par să conducă spre teoria ultimă. *Universul elegant*, nominalizată la Premiul Pulitzer, este probabil cea mai citită carte de știință apărută în anii din urmă.

STEPHEN HAWKING, LEONARD MLODINOW
O MAI SCURTĂ ISTORIE A TIMPULUI

„Nu mă aşteptam ca *Scurtă istorie a timpului* să aibă atâta succes – avea să mărturisească Hawking. Ea a rămas timp de peste patru ani pe lista celor mai bine vândute cărţi din *Sunday Times*, adică mai mult decât a rezistat acolo orice altă carte, fapt remarcabil pentru o lucrare ştiinţifică destul de dificilă." Între timp, s-au vândut peste 10 milioane de exemplare. Notorietatea cărţii se explică atât prin problemele pe care le atacă (naşterea universului, natura timpului şi spaţiului), cât şi prin stilul direct şi simplu care te face să ajungi la punctele-cheie ale dezbaterilor actuale. Deşi editorul îl sfătuise să nu introducă formule, fiecare formulă înjumătăţind numărul cititorilor potenţiali, Hawking şi-a asumat riscul şi a inserat celebra relaţie a lui Einstein între energie şi masă $E = mc^2$. În rest, totul e explicat doar prin cuvinte.

În prefaţa la *Universul într-o coajă de nucă*, Stephen Hawking mărturiseşte că a rezistat tentaţiei (şi presiunii din partea cititorilor) de a scrie o continuare la *Scurta istorie a timpului*, fiind prins în cercetările sale ştiinţifice. Câţiva ani mai târziu a revenit însă asupra hotărârii, publicând *O mai scurtă istorie a timpului*. Două au fost motivele care l-au determinat să reia tema: dorinţa de a scrie o carte încă şi mai accesibilă publicului larg şi nevoia de a include progresele înregistrate în cosmologie şi fizica fundamentală în cei aproape douăzeci de ani scurşi de la prima ediţie a *Scurtei istorii a timpului* – progrese care în mare parte i se datorează lui Hawking însuşi.

GEORGE GAMOW, RUSSELL STANNARD
MINUNATA LUME A DOMNULUI TOMPKINS

Cum pot fi povestite teoriile din fizică într-o formă atât de atrăgătoare încât oricine – specialist sau complet neiniţiat – să fie cucerit de teoria relativităţii şi mecanica cuantică aşa cum sunt copiii fascinaţi de basme? Aceasta e provocarea la care a răspuns cu mai bine de jumătate de secol în urmă George Gamow, unul dintre marii fizicieni ai lumii, deschizător de drumuri în fizica nucleară şi cosmologie. Rezultatul e o carte plină de imaginaţie, scrisă cu mare talent literar, un fel de *Alice în ţara minunilor* pentru uzul celor curioşi să afle din ce e alcătuită materia şi cum s-a născut universul. Domnul Tompkins, personajul inventat de Gamow, deopotrivă naiv şi iscoditor, descoperă pe calea reveriilor o lume bizară, diferită de cea în care ne ducem viaţa de zi cu zi. Povestea lui, devenită celebră pentru generaţii de fizicieni, a fost revăzută şi actualizată de Russell Stannard – cunoscut autor de ştiinţă popularizată – pentru a-şi găsi locul în ea şi cele mai recente teorii ştiinţifice.

După 150 de ani, teoria evoluției prin selecție naturală continuă să lase iluzia că e ușor de înțeles – și în genere e greșit înțeleasă, ba chiar e încă respinsă de un număr surprinzător de mare de oameni, în ciuda dovezilor zdrobitoare în favoarea ei care s-au adunat de la Darwin încoace. În *Ceasornicarul orb* Richard Dawkins își asumă sarcina de a explica în detaliu pentru publicul larg tot ce pare la prima vedere imposibil de explicat pe cale naturală: apariția primelor forme de viață pe Pământ, dezvoltarea organelor complexe cum sunt ochii sau aripile, așa-zisele „verigi lipsă" despre care vorbesc paleontologii, precum și numeroase aspecte stranii ale lumii vii. Cheia explicațiilor lui Dawkins e înțelegerea corectă a caracterului treptat, pas cu pas, al evoluției și a raportului dintre întâmplare (mutația genetică) și determinism (selecția naturală). *Ceasornicarul orb* e o demonstrație de forță intelectuală care își are locul, alături de *Originea speciilor*, între marile cărți de biologie.

Richard Dawkins este unul dintre cei mai importanți oameni de știință ai timpului nostru. În afara carierei sale de cercetător și a celei didactice (este profesor de zoologie la Oxford), Dawkins a scris numeroase cărți adresate marelui public. Pentru *Ceasornicarul orb* a primit Premiul Societății Regale de Literatură și Premiul Literar al ziarului *Los Angeles Times*.

Alte cărți de știință la Humanitas

Steven Weinberg, *Visul unei teorii finale*
Brian Greene, *Universul elegant*
Simon Singh, *Big bang*
Paul Davies, *Ultimele trei minute*
John D. Barrow, *Cartea infinitului*
Werner Heisenberg, *Partea și întregul*

ISBN 978-973-50-2461-1